

UNIVERSITÉ DE LYON

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE — N° 147

---

# CHAROLLES

## Son Alimentation en Eau potable

---

THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

(SECTION DE PHARMACIE)

présentée et soutenue publiquement devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie

le 11 Avril 1930,

PAR

**Pierre BERNARD**

*Né à Charolles, le 27 Juin 1899.*

---

BOURG

IMPRIMERIE VICTOR BERTHOD

1930



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

# CHAROLLES

Son Alimentation en Eau potable

## PERSONNEL DE LA FACULTE

|                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| Doyen honoraire ..... | M. L. HUGOUNENQ. |
| Doyen .....           | M. J. LÉPINE.    |
| Assesseur .....       | M. ROLLET.       |

### PROFESSEURS HONORAIRES

MM. AUGAGNEUR, CAZENEUVE, ROQUE, LANNOIS.

### PROFESSEURS

|                                                           |                     |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|
| Cliniques médicales .....                                 | MM. PIC<br>PAVIOT   |
| Cliniques chirurgicales .....                             | TIXIER<br>BÉRARD    |
| Clinique obstétricale et Accouchements .....              | VORON               |
| Clinique ophtalmologique .....                            | ROLLET              |
| Clinique des maladies cutanées et syphilitiques .....     | NICOLAS             |
| Clinique neurologique et psychiatrique .....              | LÉPINE (J.).        |
| Clinique des maladies des enfants .....                   | MOURIQUAND          |
| Clinique des maladies des femmes .....                    | VILLARD             |
| Clinique d'oto-rhino-laryngologie .....                   | COLLET              |
| Clinique des maladies des voies urinaires .....           | ROCHET              |
| Clinique chirurgicale, infantile et orthopédie .....      | NOVÉ-JOSSE-<br>RAND |
| Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie .....   | CLUZET              |
| Chimie biologique et médicale .....                       | HUGOUNENQ           |
| Chimie organique et Toxicologie .....                     | MOREL               |
| Matière médicale et Botanique .....                       | BRETIN              |
| Parasitologie et Histoire naturelle médicale .....        | GUIART              |
| Anatomie .....                                            | LATARJET            |
| Histologie .....                                          | POLICARD            |
| Physiologie .....                                         | DOYON               |
| Pathologie interne .....                                  | FROMENT             |
| Pathologie et Thérapeutiques générales .....              | CADE                |
| Anatomie pathologique .....                               | FAVRE               |
| Chirurgie opératoire .....                                | PATEL               |
| Médecine expérimentale et comparée et bactériologie ..... | ARLOING (F.)        |
| Médecine légale .....                                     | ETIENNE MAR-<br>TIN |
| Hygiène .....                                             | COUROMONT (P.)      |
| Thérapeutique .....                                       | SAVY                |
| Pharmacie .....                                           | LEULIER             |
| Hydrologie thérapeutique et climatologie .....            | PIÉRY               |

### PROFESSEURS TITULAIRES SANS CHAIRE

|                                               |            |
|-----------------------------------------------|------------|
| Chargé d'un cours de Pathologie externe ..... | MM. VALLAS |
| — — Propédeutique de gynécologie .....        | CONDAMIN   |
| — — Chimie minérale .....                     | BARRAL     |
| — — Urologie .....                            | GAYET      |

### CHARGES DE COURS COMPLÉMENTAIRES

|                                                      |                   |
|------------------------------------------------------|-------------------|
| Anatomie topographique .....                         | MM. THÉVENOT (L.) |
| Puériculture et hygiène de la première enfance ..... | RHENTER           |
| Chirurgie expérimentale .....                        | TAVERNIER         |
| Applications du radium .....                         | NOGIER            |
| Stomatologie .....                                   | TELLIER           |

### AGREGES

|               |                  |                   |                        |
|---------------|------------------|-------------------|------------------------|
| MM.<br>GARIN  | MM.<br>MAZEL     | MM.<br>CHEVALLIER | MM.<br>MARTIN (Joseph) |
| TRILLAT       | SANTY            | DUMAS             | ROCHET (Ph.)           |
| SARVONAT      | DUNET            | DUFOURT           | WERTHEIMER             |
| FLORENCE (G.) | CHALIER (André)  | DEVIC             | GATÉ                   |
| ROCHAIX       | CHALIER (Joseph) | GABRIELLE         | BERNHEIM               |
| RHENTER       | NOËL             | MANCEAU           | DECHAUME               |
|               |                  |                   | POLLOSSON              |

M. BAYLE, secrétaire,

### EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. BRETIN, Président; BARRAL, Assesseur;  
MM. ROCHAIX et MANCEAU, Agrégés.

*La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.*

UNIVERSITÉ DE LYON

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE — N° 147

---

# CHAROLLES

## Son Alimentation en Eau potable

---

### THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

(SECTION DE PHARMACIE)

présentée et soutenue publiquement devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie

le 11 Avril 1930,

PAR

**Pierre BERNARD**

*Né à Charolles, le 27 Juin 1899.*

---

BOURG

IMPRIMERIE VICTOR BERTHOD

—  
1930



A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

*en témoignage de reconnaissance  
et de piété filiale.*

A MA MÈRE

A MA FEMME  
ET MON PETIT MICHEL

A MA SŒUR

A MES FRÈRES.

A MON MAITRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE  
MONSIEUR LE PROFESSEUR BRETIN  
Professeur de matière médicale et botanique  
chevalier de la légion d'Honneur

A MONSIEUR LE PROFESSEUR E. BARRAL  
chevalier de la légion d'Honneur

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ ROCHAIX  
chevalier de la légion d'Honneur

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ MANCEAU  
chevalier de la légion d'Honneur

## AVANT PROPOS

*Lorsqu'en 1922, nous quittons cette Faculté où nous avons pris nos différents grades en Pharmacie, nous ne pensions pas que huit années s'écouleraient, avant de venir y soutenir cette thèse, à laquelle nous songions déjà. Les embûches semées à tous les tournants de la vie, sont la seule cause d'un aussi long retard.*

*Que notre maître, Monsieur le Professeur BRETIN, qui a bien voulu nous aider de ses conseils éclairés, et accepter la présidence de notre jury de thèse, trouve ici l'expression de notre vive reconnaissance et de nos remerciements sincères. C'est grâce au bienveillant appui de ce maître que nous avons pu mener à bien ce travail.*

*Nous remercions également Monsieur CARRI, chargé de cours à la Faculté de Dijon, chargé du service de la carte géologique, dont les connaissances nous furent d'un si précieux concours.*

*Enfin, avant d'entrer dans notre sujet, nous tenons à saluer la mémoire de celui qui nous l'indiqua — M. PROTHIÈRE. C'est lui qui, lorsqu'il était inspecteur des Pharmacies de Saône et Loire, et que nous ai-*

*mions à suivre les cours libres de mycologie qu'il professait à la Faculté, nous suggéra de soutenir notre thèse sur le sujet que nous vous présentons aujourd'hui.*

## INTRODUCTION

Chaque jour les principes fondamentaux de l'hygiène, hier encore connus seulement de quelques savants et esprits avertis, dépassent les bornes du monde scientifique, pour pénétrer, lentement il est vrai, dans la masse du grand public.

Le premier et le plus important de tous ces principes, est certainement celui de l'alimentation en eau potable. C'est aussi, comme il est juste, celui qui s'est le plus rapidement répandu — De tous temps et dès la plus haute antiquité, l'homme s'est préoccupé d'avoir à sa disposition, pour les besoins journaliers, une eau propre à la consommation. C'est ainsi qu'on voit HIPPOCRATE recommander la consommation de l'eau de pluie bouillie; les Romains, pour avoir de l'eau potable, n'hésitaient point à aller la chercher parfois fort loin de son lieu de consommation. Ainsi en témoignent les ruines grandioses d'aqueducs, construits par eux partout en France, et qui surent résister aux tourments de plus de XX siècles.

A notre époque, la question de l'eau potable est une des principales préoccupations, sinon des particuliers, du moins des Municipalités. Les progrès de

la science bactériologique nous ont appris quelle source de maux, pouvait être, pour les consommateurs, une eau contaminée. La liste est déjà longue, des maladies qu'elle peut nous transmettre : *Fièvre typhoïde, choléra, diarrhée infantile, diarrhée dysenterie*. C'est également à la mauvaise qualité de l'eau que l'on doit attribuer le *goître*, et cette liste est susceptible de s'allonger encore au fur et à mesure des révélations de la science (1). Enfin l'eau livrée à la consommation, doit posséder certaines qualités, qui influent notablement sur la morbidité et la mortalité générale d'une ville.

Si d'autre part, on réfléchit que l'eau nous est aussi indispensable que l'air atmosphérique, puisqu'elle constitue la partie fondamentale de nos tissus et le véhicule de tous nos aliments, on voit quelle importance prend la question de l'eau potable.

Aussi de tous côtés, savants, lettrés, sociologues, hommes politiques, discutent de cette question. Il n'est plus une Municipalité qui ne se soucie de la qualité de l'eau qu'elle distribue à ses administrés. Enfin l'on voit les particuliers qui font, à la campagne, presque exclusivement usage des puits, tenir de plus en plus à être renseignés sur la potabilité de l'eau qu'ils consomment.

En présence de cet intérêt général, il nous a semblé qu'il ne serait peut-être pas inutile d'étudier comment la ville de CHAROLLES a conçu, puis résolu, le

(1) D'après Kling, Levaditi et Lépine, le virus poliomyélitique serait transmissible par l'eau. (Académie de médecine, séance du 8 octobre 1929).

difficile problème d'adduction d'eaux à la fois saines et abondantes.

Sans se présenter avec l'acuité que l'on rencontre seulement dans les grandes agglomérations, comme PARIS ou LYON, le problème de l'alimentation en eau n'en a pas moins ici une aussi grande importance, malgré que la population desservie soit infiniment moins nombreuse. Avant 1880, date à laquelle commencèrent les pourparlers pour l'installation d'une canalisation d'eau à CHAROLLES, les habitants se fournissaient d'eau dans 12 puits très inégalement répartis. Creusés en plein terrain calcaire, dans une ville qui ne possédait pas alors d'égouts, ces puits étaient très facilement contaminés (de part la nature même du sol) par les eaux usées, dévalant des deux collines sur lesquelles s'étage la ville, ou par les eaux de rivières en période de crue. C'est pourquoi une municipalité prévoyante s'attacha à doter la ville d'un service d'eau présentant toute sécurité pour les habitants. Elle s'adressa à des sources qui jaillissaient aux environs immédiats de la ville. Les puits ne sont plus maintenant utilisés que dans une partie haute de la ville, où n'atteignent pas les eaux de sources.

Nous décrirons d'abord sommairement, la captation, la canalisation et la distribution de l'eau.

Comme une étude hydrologique d'une région, ne saurait être complète sans une étude géologique, nous donnerons un aperçu de la constitution géologique du sol charolais; ce sera notre 2<sup>e</sup> partie. Dans une 3<sup>e</sup> nous détaillerons les procédés d'analyses que nous avons employés.

Enfin nous donnerons les résultats de ces analyses, qui nous permettront de conclure sur la valeur des eaux qui nous occupent, et sur les améliorations apportées à l'hygiène des habitants par la mise en service d'une canalisation d'eau potable.

Pour cela nous étudierons d'abord un puits situé en ville, comme type de tous ceux qui, autrefois, fournissaient l'eau à CHAROLLES.

Nous analyserons ensuite l'eau de la source de MEAUPRÉ qui alimente aujourd'hui la ville. Nous comparerons les résultats avec ceux de l'analyse de deux puits sis de part et d'autre de la source aux 2 flancs du même vallon, et à une courte distance. Dans le même secteur nous étudierons la source du TIR A L'OISEAU dont on envisagea à un moment donné la captation.

Enfin, nous finirons au sud-est de la ville par l'analyse de la source MALESSART qui fournit ses eaux au quartier de la MADELEINE. Aucun puits voisin avec qui nous puissions comparer les résultats. La petite source de BIRÉ ne peut elle-même fournir aucun point de comparaison, car elle est souillée par des eaux superficielles.



This is a detailed topographic map of the Charolles region in France. The map shows the town of Charolles, the Arois river, and various surrounding areas like Bois communal de Charolles and Bois de Boulay. It includes labels for roads, railways, and specific landmarks like the 'Fontaine de la Vierge' and 'Fontaine de la Vierge'. A red line indicates a boundary or route, and a blue line shows the Arois river. A north arrow is present in the bottom left corner.

## CHAPITRE I.

### HISTORIQUE

#### **Captation. Canalisatlon et distribution de l'eau.**

Coquettement placée au confluent de l'ARCONCE et de la SEMENCE, la ville de CHAROLLES est située sur les contreforts ouest des monts du CHAROLAIS, à une altitude de 282 mètres au-dessus du niveau de la mer. Construite sur ces deux rivières, la ville est resserrée et étagée entre deux collines. Elle offre aux yeux avertis des connaisseurs les vestiges moyennageux de nombreux couvents plus ou moins mutilés, et fièrement campées, deux tours, seules survivantes de l'ancien Château de CHARLES LE TÉMÉRAIRE du XIV<sup>e</sup> siècle. Sur la colline de la MADELEINE, en vis-à-vis, se dresse un ancien Château du XV<sup>e</sup> siècle où s'est établie une faïencerie.

En CHAROLAIS les pluies sont abondantes. Les eaux s'écoulent par l'ARCONCE et ses affluents jusqu'à la *Loire* et l'*Océan*. Le sous-sol, généralement imperméable, et ce régime de pluies fréquentes, expliquent les pâturages célèbres toujours verts, qu'entretient l'eau affleurant au sol en maints endroits.

Avant 1880, l'alimentation en eau potable était exclusivement assurée par 12 puits publics ou privés. La plupart sont aujourd'hui condamnés, ou même, ont disparu; mais il est cependant facile de retrouver leur emplacement, en particulier par temps de neige. L'un d'entre eux qui était la propriété d'une famille « RAVEAUD » a même donné son nom à une rue de CHAROLLES. Fort inégalement répartis dans la ville, ces 12 puits devaient assurer l'eau à une agglomération de 2.000 habitants environ, et obligeaient les usagers à des déplacements longs et astreignants.

Il est facile de comprendre que ces puits forés en pleine agglomération, ne pouvaient donner qu'une eau très suspecte. Les eaux de surface, que ne canalisait aucun égout, les infiltrations provenant de fosses d'aisances non étanches, étaient autant de causes de contamination. Enfin pour les puits de la partie basse de la ville, ils étaient, au moment des fortes eaux, en communication avec les eaux de rivières, souillées sur toute la traversée de la ville.

A ces multiples causes naturelles de contamination, s'en ajoutaient parfois d'autres, qui pour être moins nombreuses et moins fréquentes n'en étaient pas moins préjudiciables. On peut lire, en effet, dans les archives de CHAROLLES E. E. 2, qu'en 1641 les soldats du marquis d'UXELLES qui tiennent garnison dans la ville, se livrent au pillage et entre autres méfaits « *pissent insolemment dans les puits de la ville, et par les fenêtres en plein jour sur le peuple* ».

On voit qu'en ces temps reculés l'hygiène n'était pas très respectée.

Avant 1880, l'alimentation de la ville en eau potable laissait fortement à désirer. Depuis 1876 cet état de choses préoccupait la Municipalité, mais la question financière venait entraver la mise en œuvre d'un projet d'adduction d'eau.

C'est en 1880, qu'une occasion favorable s'étant présentée, et sur le rapport de l'ingénieur des ponts et chaussées, M. ROTIVAL, le conseil municipal décida de prendre l'eau nécessaire aux sources de MEAUPRÉ.

La source de MEAUPRÉ est située à 1.600 mètres environ au Nord de la ville, à une altitude de 296 mètres. Elle est en réalité composée de deux sources qui jaillissent à quelques mètres l'une de l'autre et qui ont été captées ensemble. Elles ont une température à peu près constante de 12° à 13°. Elles fournissent, ensemble, par seconde au maximum 9 litres 7 (hiver) au minimum 5 litres 5 (été après 3 mois de sécheresse). Ce qui, en prenant pour minimum le chiffre de 5 litres seconde, donne le débit total de 432.000 litres par 24 heures.

Avant de faire exécuter les travaux, l'eau fut analysée par le *Laboratoire des Ponts et Chaussées*. Ce sont les résultats de cette analyse qui sont consignés dans le tableau I ci-après. Le Laboratoire concluait ainsi : Ces eaux paraissent toutes deux excellentes pour usages domestiques. A cette époque on ne faisait pas l'analyse bactériologique d'une eau. C'est pourquoi il nous a paru intéressant de voir si l'analyse bactériologique confirmerait l'analyse chimique.

Après l'avis favorable donné par le *Laboratoire des Ponts et Chaussées* les travaux furent immédia-

tement commencés, et trois ans après, en 1883, ils étaient achevés.

Une canalisation amène l'eau à un réservoir ou château d'eau, situé dans le jardin de l'Hôtel de Ville. De ce réservoir part une canalisation qui sert à distribuer l'eau dans les différents quartiers de la ville.

La canalisation d'amenée fut établie en tuyaux de terre de la source jusqu'au point A du schéma, où la canalisation rejoint la route de GÉNELARD. De ce point, jusqu'au château d'eau la canalisation fut établie en fonte. La canalisation est enterrée à une profondeur variant de 0 m. 80 à 1 mètre.

Le château d'eau est construit sous le jardin de l'Hôtel de Ville. C'est là qu'arrivent toutes les eaux avant d'être distribuées en ville. Les quartiers de LONGERON et de CHAMPAGNY sont cependant alimentés par prise directe sur la canalisation d'amenée, ce qui a permis de réduire dans une notable proportion la longueur de la conduite de distribution. Le réservoir, complètement enterré, est bien protégé du froid et de la chaleur, et permet en été la distribution d'une eau agréable au goût par sa fraîcheur. Trente-six bornes fontaines réparties judicieusement dans tous les quartiers, permettent à tous de se procurer de l'eau facilement.

En 1907, la canalisation d'amenée s'obstrua : la partie établie en tuyaux de terre était complètement envahie par les algues vertes spéciales à ces canalisations. On décida donc de remplacer ces tuyaux par une canalisation de fonte, et l'on en profita pour exé-

cuter une légère modification au tracé, pour diminuer la perte en charge.

Le rapport établi en 1880, au moment du captage des sources, estimait à 2250 le nombre des consommateurs d'eau. Ce qui, en prenant le minimum de débit de 432.000 litres, donne encore le chiffre de 192 litres par 24 heures et par tête. CHAROLLES est donc relativement bien fournie en eau, puisque PARIS ne donne que 150 litres par tête et par jour. LONDRES 150 et BERLIN 78 seulement (1900). GRENOBLE au contraire donne 1.000 litres, mais quelle situation exceptionnelle !

La ville de CHAROLLES était donc pourvue d'une eau potable saine et abondante. Malheureusement deux quartiers, « LA MADELEINE » et « LE CALVAIRE » n'avaient pu être compris dans la distribution, en raison de leur altitude.

Au quartier de la MADELEINE, une population évaluée à environ 400 habitants n'avait pour son service que quelques puits à l'eau douteuse, et d'une profondeur qui rendait le puisage très fatigant. C'est dans ce quartier que se trouve situé l'Hôpital, édifice important, d'une centaine de lits.

Par une convention en date du 9 février 1839, cet établissement était autorisé à prendre l'eau à une source, dite « FONTAINE DE MALESSART », sise au Sud-Est de la ville à l'altitude de 320 mètres. La convention donnait droit pour l'Hôpital, à la quantité d'eau s'écoulant par un tuyau de 13 mm. de diamètre. Le trop plein restait en toute propriété au possesseur de la source.

Le projet d'alimentation en eau de 1880 prévoyait l'amélioration du captage et la réfection de la canalisation, pour l'amenée de la totalité des eaux de la source jusqu'à un réservoir de distribution. Malheureusement les propriétaires des sources refusèrent leur autorisation. Il fallut recourir à l'expropriation; un procès s'ensuivit dont la ville sortit enfin victorieuse. Le décret d'utilité publique date du 26 septembre 1885. Ce n'est donc qu'en 1886 que les travaux purent commencer; ils furent terminés en 1888. Une conduite de fonte amène l'eau à un premier réservoir situé tout au sommet de l'Hôpital, sous le dôme. Une canalisation y prend l'eau et la distribue dans les différents services. Le trop plein de ce réservoir est dirigé sur un second réservoir sis au PRIEURÉ, d'où part la canalisation de distribution pour le quartier de la MADELEINE. Des bornes fontaines placées au long de la canalisation mettent l'eau à la portée de chacun tout comme dans les quartiers bas de la ville.

Malheureusement la source de MALESSART a un débit assez faible, et pendant les étés plus particulièrement secs, l'Hôpital absorbait toute l'eau fournie. Aussi les habitants de la MADELEINE étaient-ils encore une fois privés d'eau.

En 1913 le Conseil Municipal se préoccupa de cette situation et chercha par quels moyens l'améliorer. Une première source, plus élevée que la fontaine de MALESSART et distante d'elle d'environ 200 mètres retint tout d'abord l'attention, malheureusement malgré des analyses répétées l'eau ne fut jamais trouvée po-

table. On dut donc se rabattre sur une petite source, de débit moins important, mais que l'analyse révéla propre à la consommation. Cette nouvelle source se trouve située tout à côté du captage des sources de MALESSART.

Les travaux devaient commencer, lorsque la guerre vint tout interrompre. Ce n'est qu'en 1923 qu'ils purent reprendre; en 1926 tout était terminé, une nouvelle canalisation de fonte, parallèle à celle établie en 1886 amène l'eau de cette nouvelle source directement au dôme de l'Hôpital d'où elle est distribuée aux différents services.

L'ancienne canalisation aboutit directement au réservoir du PRIEURÉ d'où l'eau est répartie au quartier de la MADELEINE. Le surplus de l'eau non utilisée par l'Hôpital se déverse dans le réservoir du PRIEURÉ.

La nouvelle source est donc plus particulièrement réservée à l'Hôpital, l'ancienne à la ville, mais les deux réservoirs communiquent et permettent ainsi de répartir l'eau au mieux des besoins.

Reste donc le quartier du CALVAIRE, qui seul n'a pas de canalisation d'eau potable en raison également de son altitude.

Bien avant la guerre, la question préoccupait la Municipalité qui avait songé un moment à s'adresser à la FONTAINE DU TIR A L'OISEAU, située au nord de la ville, dans la forêt de CHAROLLES, à une altitude de 304 mètres. Malgré l'étude qui en avait été faite en 1909 on avait du renoncer à ce projet.

La question vient d'être reprise, et est actuellement à l'étude. C'est à l'électricité que l'on s'adresse pour

résoudre la difficulté : une pompe électrique placée en un point convenable aspirerait l'eau prise sur la conduite principale d'amenée de MEAUPRÉ au château d'eau et la refoulerait jusqu'à un réservoir d'altitude suffisante pour pouvoir desservir les maisons les plus élevées du CALVAIRE. Ce projet est actuellement soumis à l'approbation du conseil départemental d'hygiène. Il ne s'agit plus là que d'une question de mécanique, plus du ressort de l'ingénieur que de l'hygiéniste.

Lorsque ce projet sera réalisé, et que le quartier du CALVAIRE aura lui aussi sa canalisation d'eau potable, toute la ville de CHAROLLES sera assurée contre les maladies hydriques. Elle aura le mérite d'avoir satisfait à l'une des règles fondamentales de l'hygiène sociale, dans toute la mesure de ses moyens.



# CARTE GÉOLOGIQUE DE CHAROLLES



## LÉGENDE :

-  Sables et cailloutis des plateaux.
-  Calcaire marneux.
-  Alluvions modernes.
-  Alluvions anciennes.
-  Calcaires à entroques.
-  Marnes suprabasiques.

## CHAPITRE II.

### Constitution géologique du sol charolais.

Avant d'entreprendre l'étude des sources et des puits que nous venons de désigner, jetons un coup d'œil rapide sur la constitution géologique du sol charolais.

Le CHAROLAIS appartient au versant occidental d'un bombement consécutif aux plissements alpins, dont l'axe se trouve approximativement pour notre pays, dans la direction du massif de MONTMELART jusqu'au MONT ST-VINCENT.

Quand on consulte la carte géologique de CHAROLLES, on voit de suite qu'on peut diviser la région charolaise en deux parties : une région orientale, formée par la couverture secondaire du massif Oriental, qui s'enfonce vers l'Ouest sur les dépôts tertiaires.

Mais ces deux régions ne sont pas délimitées d'une façon marquée, tout au contraire elles s'interpénètrent de façon très compliquée, et l'aspect de la carte géologique de CHAROLLES, qui fait penser aux dessins d'un véritable puzzle, donne une vague idée

des nombreux plissements, soulèvements, et effondrements, dont fut témoin toute cette région à travers les âges.

Un caractère important, commun du reste à tous les terrains de cette nature, c'est le nombre et l'importance des failles, qui prennent en hydrologie un intérêt particulier. En effet, le point d'émergence d'une source, peut n'être qu'une résurgence, l'eau ayant cheminé, parfois longtemps, de son point d'émergence vrai à son point de résurgence, tout au long de la faille, et pouvant se polluer, au long de ce parcours souterrain, de tous les germes drainés par les eaux de surface.

En général donc, et si l'on met à part le massif oriental de roches granitoïdes d'origine plus ancienne, le sol charolais est constitué dans son ensemble par des terrains secondaires (trias et lias) recouverts par endroits d'un peu d'alluvions tertiaires (pliocène).

C'est du reste aux terrains secondaires, que le CHAROLAIS doit sa richesse. En particulier, nous pouvons signaler les calcaires à gryphées abondamment répandus dans la région et qui supportent des herbages abondants et nutritifs, possédant la propriété d'engraisser rapidement le bétail, et les calcaires à entroques, qui supportent des herbages engraisant moins rapidement, mais convenant plus particulièrement à l'élevage.

En ce qui nous concerne, CHAROLLES est bâtie sur le flanc oriental d'un synclinal orienté du N.-E. au S.-O. La plus grande partie est bâtie sur les calcaires à entroques du bajocien, la partie occidentale se

trouvant sur les calcaires marneux qui les surmontent et qui sont eux-mêmes couronnés par le pliocène. Vers l'est sous les calcaires bajociens, abstraction faite des failles, sortent les niveaux plus anciens du lias et du trias.

Voyons comment sont situés les points d'eau que nous voulons étudier.

Le puits AUCLAIR, en pleine ville, semble creusé à la limite des calcaires marneux et des calcaires à entroques.

La source de MALESSART émerge sur le bajocien, ce qui nous peut paraître anormal et ferait supposer que le point d'émergence n'est là qu'un point de resurgence. Les niveaux d'eaux habituels se rencontrent en effet, de préférence, au contact du bajocien et du lias supérieur — au contact du pliocène et de l'aquitainien.

Pour la source MEAUPRÉ et les deux puits situés de part et d'autre, ils sont également situés sur le bajocien et la même réflexion que ci-dessus s'impose.

Enfin, pour la source du TIR A L'OISEAU, elle émerge en terrain pliocène.

Pour la source de MEAUPRÉ et la source du TIR A L'OISEAU, il y a tout lieu de croire qu'elles ont une origine commune et que le point d'émergence vrai, doit se trouver en amont des points de resurgence, actuellement considérés comme sources, entre les calcaires jaunes en dessous, et le pliocène en dessus. Des sondages pourraient renseigner sur ce point et permettraient peut-être à la ville de CHA-

ROLLES, d'avoir une alimentation d'eau plus abondante et plus saine, puisque captée au point d'émergence.

Toutefois, il convient d'attirer l'attention sur ce point que de semblables travaux devraient être effectués avec prudence et sous la direction d'un géologue compétent. On court en effet le risque de diminuer l'émission de la source de MEAUPRÉ, qui alimente CHAROLLES, ou même de la tarir complètement et priver ainsi la ville d'eau, pendant toute la durée des travaux, durée très aléatoire, et ne pouvant en tout cas pas être fixée à l'avance. Un des avantages par contre d'une telle solution, serait d'avoir une eau limpide par tous les temps, alors qu'en l'état actuel, l'eau est louche après les pluies prolongées — et devient même bourbeuse après une précipitation importante (orages, pluies très prolongée).

### ANALYSES DE SOLS.

#### Sable cailloutille des plateaux.

|                  |                               |                 |          |
|------------------|-------------------------------|-----------------|----------|
| Calcaire 0       | Az                            | moyenne par kgr | 1 gr.    |
| Silice 75 à 78 % | P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> | —               | 1 gr. 50 |
| Argile 5 à 25 %  | K <sup>2</sup> O              | —               | 1 gr. 30 |

#### Calcaire à entroques du bajocien.

|                   |                               |                 |          |
|-------------------|-------------------------------|-----------------|----------|
| Calcaire 0 à 10 % | Az                            | moyenne par kgr | 2 gr. 50 |
| Silice 65 à 80 %  | P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> | —               | 1 gr. 75 |
| Argile 15 à 25 %  | K <sup>2</sup> O              | —               | 4 gr. 50 |

#### Calcaire à gryphées.

|                               |                 |          |
|-------------------------------|-----------------|----------|
| Az                            | moyenne par kgr | 0 gr. 92 |
| P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> | —               | 6 gr. 34 |
| K <sup>2</sup> O              | —               | 9 gr. 21 |

#### Mornes iriziés.

|                   |                               |                 |          |
|-------------------|-------------------------------|-----------------|----------|
| Calcaire 1 à 17 % | Az                            | moyenne par kgr | 1 gr. 05 |
| Silice 50 à 80 %  | P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> | —               | 1 gr. 05 |
| Argile 20 à 40 %  | K <sup>2</sup> O              | —               | 18 gr.   |

#### Terrains granitiques.

|                  |                               |                 |          |
|------------------|-------------------------------|-----------------|----------|
| Calcaire 0       | Az                            | moyenne par kgr | 1 gr.    |
| Silice 80 à 95 % | P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> | —               | 1 gr.    |
| Argile 5 à 20 %  | K <sup>2</sup> O              | —               | 2 gr. 50 |

Extrait de l'Analyse d'Eaux (La Fortune Agricole du Charolais). (Imprimerie Sousselle).



### CHAPITRE III.

#### Méthodes analytiques.

##### *Essais hydrotimétriques.*

Les essais hydrotimétriques permettent d'avoir des renseignements sur la dureté de l'eau analysée, c'est-à-dire sur sa teneur en carbonates de chaux et de magnésie. Une forte proportion de ces sels n'influe pas d'une façon marquée sur la potabilité. Il est cependant intéressant de déterminer le degré hydrotimétrique, car sa connaissance fournit des renseignements d'ordre pratique. Une eau trop dure, sans être mauvaise, sera lourde à la digestion, cuira mal les légumes, absorbera plus de savon qu'une eau moins dure, et, en cas d'emploi industriel, le seul fait d'un degré hydrotimétrique trop élevé peut faire rejeter une eau.

Pour le dosage, nous nous sommes servis des solutions ci-dessous :

Solution de savon. (Formule de COURTONNE)

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| Huile d'Amandes douces .....  | 28 gr. |
| Lessive de soude D=1,30 ..... | 10 gr. |
| Alcool à 90° .....            | 10 gr. |

Chauffer à l'étuve, jusqu'à saponification complète — compléter à 1 l. avec l'alcool à 60° — Agiter. Après refroidissement, compléter à nouveau à 1 l. avec de l'alcool à 60° et filtrer.

Cette solution a été titrée à l'aide de la solution :

BaCl<sup>2</sup>cristallisé ..... 0 gr. 55

Eau distillée ..... 1000 gr.

De telle façon, qu'avec 40 cm<sup>3</sup> de cette solution on obtienne une mousse persistant au moins 10 minutes et ayant ½ centimètre d'épaisseur, à 22°.

Nous avons déterminé, sur chaque échantillon d'eau, le degré total et le degré permanent.

Le degré total s'obtient sur 40 cm<sup>3</sup> d'eau naturelle; il indique l'action, sur la solution savonneuse, de l'acide carbonique et de tous les sels calcaires et magnésiens. Le degré permanent s'obtient en opérant sur de l'eau bouillie.

On fait bouillir pendant ½ heure, un certain volume d'eau; on laisse refroidir, on filtre et on complète au volume initial.

On opère sur 40 cm<sup>3</sup> de cette eau bouillie, mais on doit diminuer les résultats obtenus de 3° pour compenser une certaine quantité de CO<sup>3</sup>Ca qui reste en solution. On dose ainsi les sels de magnésie et les sels de chaux autres que le CO<sup>3</sup>Ca.

Une eau potable ne doit pas dépasser 30° total; au-dessus de 100° elle est franchement mauvaise.

Les résultats de l'analyse hydrotimétrique ne permettent pas de conclure, même superficiellement, au plus ou moins de potabilité d'une eau; ils sont surtout intéressants du point de vue industriel. Une eau

très douce peut être souillée d'autre part et non potable, tandis qu'une eau très dure, peut être très pure par ailleurs. Il existe du reste maintenant dans le commerce, des filtres qui permettent d'atténuer sensiblement la dureté de l'eau.

### *Recherche des nitrites.*

La recherche des nitrites est d'un intérêt primordial dans une analyse d'eau potable. Les nitrites sont en effet le produit d'une nitrification incomplète des matières organiques.

Les nitrites pourraient provenir également d'une réduction des nitrates. On trouve dans les rochers des eaux chargées de nitrites. Mais il s'agit d'eaux très profondes ou provenant de forages. Dans tous les cas, il faut se montrer très circonspect en face d'une eau renfermant des nitrites.

Leur présence dans l'eau indique une contamination par du purin, des eaux de fosse d'aisance, un corps d'animal en décomposition. Leur seule présence dans une eau doit immédiatement la faire rejeter de la consommation, car elle indique une contamination récente ou constante. C'est pourquoi sur tous nos échantillons, nous avons fait simultanément les trois réactions de TROMSDORFF, de GRIESS, et de LOMBARD.

TROMSDORFF. A une solution de  $\text{Cl}^2\text{Zn}$ , on ajoute de l'empois d'amidon et l'on fait bouillir, puis on ajoute de l'iodure de zinc. L'eau chargée de nitrites, en présence de ce réactif et d'un peu de  $\text{SO}^4\text{H}^2$  très

pur, donne une coloration bleue d'autant plus intense qu'il y a davantage de nitrites.

GRIESS I. Le réactif se compose de deux solutions.

|        |   |                        |                     |
|--------|---|------------------------|---------------------|
| Sol. A | { | Naphtylamine . . . . . | 0,30                |
|        |   | Eau . . . . .          | 20                  |
|        |   | Acide acétique 1/10    | 250 cm <sup>3</sup> |
| Sol. B | { | Acide sulfanilique..   | 0,50                |
|        |   | Acide acétique 1/10    | 150                 |

Pour opérer, on prend un centimètre cube de chaque réactif qu'on ajoute à 50 cm<sup>3</sup> d'eau environ. Si l'eau renferme des nitrites, il se produit instantanément une coloration rose, d'autant plus intense qu'il y a une plus forte proportion de nitrites.

GRIESS II. GRIESS employait encore, pour la recherche des nitrites, son réactif à la métaphénylènediamine qui donne de très bons résultats.

Sol. d'ammoniaque pure au 1/5 50 cm<sup>3</sup>

Métaphénylènediamine . . . . . 1 gr.

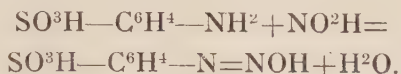
On décolore au noir animal.

A 50 cm<sup>3</sup> d'eau on ajoute 2 cm<sup>3</sup> de réactif et quelques gouttes de SO<sup>4</sup>H<sup>2</sup>. S'il y a des nitrites, on obtient une coloration brune, plus ou moins foncée suivant la teneur en nitrites.

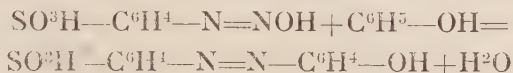
|         |   |                              |                     |
|---------|---|------------------------------|---------------------|
| LOMBARD | { | Acide sulfanilique .         | 1 gr.               |
|         |   | Phénol pur . . . . .         | 1 gr. 5             |
|         |   | Solution saturée de          |                     |
|         |   | NH <sup>4</sup> Cl . . . . . | 100 cm <sup>3</sup> |
|         |   | HCl 2 fois normal .          | 100 cm <sup>3</sup> |

Dissoudre à chaud l'acide sulfanilique dans le chlorhydrate d'ammoniaque et après refroidissement

ajouter le phénol puis HCl. La réaction des nitrites est basée sur la diazotation de l'acide sulfanilique par l'acide nitreux en milieu acide.



et sur la copulation du phénol avec le diazoïque de l'acide sulfanilique en liqueur ammoniacale.



avec production d'une matière colorante jaune orange (tropeoline). L'intensité de la coloration permet d'apprécier la teneur en  $\text{NO}^2\text{H}$ .

*Dosage.* — Chacune de ces réactions peut servir au dosage des nitrites, puisqu'il y a proportionnalité entre la teneur en nitrites et la teinte obtenue. On peut opérer le dosage colorimétriquement de la façon suivante.

On prépare une solution type de nitrite de soude :

Pour cela dissoudre 1 gr. 10 nitrite d'argent cristallisé dans 200 cm<sup>3</sup> d'eau distillée exempte de nitrites, on précipite l'argent de cette solution avec une solution de NaCl. On dilue à un litre.

Diluer à 1 litre 100 cm<sup>3</sup> de la solution précédente, prélever 10 cm<sup>3</sup> de cette nouvelle solution et la diluer à 1 litre avec de l'eau distillée pure. Ajouter 1 cm<sup>3</sup> de chloroforme.

1 cm<sup>3</sup> de cette solution = 0 mmgr. 0001 d'azote.

On met dans une série de tubes des volumes de 0-1-2-4-7-10-14-17-20-25 cm<sup>3</sup> de cette solution type qu'on étend de q. s. d'eau distillée pour avoir le vo-

lume de 100 cm<sup>3</sup>. Dans un onzième tube on met 100 cm<sup>3</sup> d'eau à analyser, et dans tous les tubes on met exactement la même quantité du réactif choisi et on agite. Au bout de 10 minutes, on compare la teinte obtenue avec l'eau à analyser, à l'échelle des teintes obtenues avec la solution type.

Soit N le nombre de cm<sup>3</sup> de solution type contenue dans le tube témoin dont la teinte correspond au tube contenant l'eau à analyser :

$N \times 0,001 =$  en mmgr. le poids d'Az. des nitrites par litre d'eau.

*Nitrates.* — L'azote nitrique provient de la nitrification des matières organiques déposées à la surface du sol. Sa présence dans une eau indique qu'une contamination a eu lieu par des matières organiques, mais que le pouvoir nitrifiant du terrain avoisinant a pu leur enlever tout caractère dangereux.

Toutefois, une telle eau mérite d'être surveillée de près; car, si le pouvoir nitrifiant du sol venait à diminuer, l'eau pourrait se trouver contaminée.

Pour doser les nitrates, nous nous sommes servis du procédé GRANDVAL ET LAJOUX.

Evaporer rapidement au bain-marie 10 cm<sup>3</sup> d'eau dans une petite capsule tronconique en porcelaine.

(Cette évaporation doit être faite lorsqu'il n'y a pas de vapeurs acides aux environs du bain-marie. De faibles vapeurs sulfuriques, ou nitriques fausseraient les résultats).

Après refroidissement, on traite le résidu de l'évaporation par un cm<sup>3</sup> de réactif sulfophénique.

Phénol pur ..... 3 gr.

SO<sup>4</sup>H<sup>2</sup> pur ..... 73 gr.

Faire tomber le phénol dans SO<sup>4</sup>H<sup>2</sup> en évitant toute élévation de température, puis mettre au bain-marie pendant 6 heures.

A l'aide d'un petit agitateur on met le réactif en contact avec le résidu. Puis on ajoute 10 cm<sup>3</sup> d'eau distillée, et de l'ammoniaque jusqu'à léger excès. Le réactif sulfophénique en présence des nitrates donne, non pas de l'acide picrique ainsi que l'avaient indiqué les auteurs du procédé, mais des dérivés nitrés dans la proportion de 2 d'orthonitrophénol pour 3 d'orthonitroparasulfophénique. Ces dérivés sont légèrement colorés en jaune en liqueur acide, et donnent en liqueur ammoniacale, une coloration jaune foncée, proportionnelle à la teneur de l'eau en nitrates.

Après addition d'ammoniaque, le liquide est introduit dans des tubes jaugés à 50 cm<sup>3</sup>. On complète à 50 cm<sup>3</sup> avec de l'eau distillée, on agite et on compare la coloration obtenue à celle d'une gamme type préparée en traitant dans les mêmes conditions des doses connues et croissantes de NO<sup>3</sup> K par litre.

Une eau pour être potable ne doit pas renfermer plus de 15 mmgr. d'Azote nitrique calculé en NO<sup>3</sup> K. (*Comité consultatif d'hygiène de France et Laboratoire municipal de Paris*).

*Azote ammoniacal et Azote albuminoïde.* — La présence d'ammoniac ou de produits albuminoïdes, dans une eau, indique une contamination récente

par matières organiques azotées dont la nitrification n'a pas eu le temps de s'effectuer.

Pour apprécier les résultats de l'analyse, il faudra se souvenir que toutes les matières albuminoïdes ne libèrent pas la totalité de leur azote sous la forme d'ammoniac dans les conditions de l'analyse. Enfin, la proportion d'azote contenue dans les différentes matières organiques, est très variable.

*Dosage.* — Dans un appareil de AUBIN de capacité d'un litre environ, on introduit 500 cm<sup>3</sup> d'eau à analyser, on chauffe de façon à distiller entre 6 et 10 cm<sup>3</sup> de liquide par minute, et on recueille 3 fois 50 cm<sup>3</sup> de distillat dans 3 tubes de NESSLER jaugés à 50 cm<sup>3</sup>. On dose l'AzH<sup>3</sup> libre par Nesslerisation.

Au résidu du ballon refroidi pendant 1/4 d'heure, on ajoute 40 cm<sup>3</sup> de sol. alcaline de permanganate de Potasse, et on distille dans les mêmes conditions que ci-dessus, jusqu'à recueillir 5 fois 50 cm<sup>3</sup> dans 5 tubes de NESSLER. On dose ainsi l'Azote albuminoïde.

L'eau du ballon doit être encore rose à la fin de l'opération, sans quoi on devrait recommencer l'opération en employant une quantité plus grande de solution de permanganate.

Dans chacun des tubes recueillis, on procède à la Nesslerisation.

*Solution type de chlorhydrate d'Ammoniaque.*

Dissoudre 3 gr. 82 de chlorure d'Ammonium dans 1 litre d'eau distillée.

10 cm<sup>3</sup> de cette solution sont étendus à 1000 cm<sup>3</sup>.

1 cm<sup>3</sup> représente 0 mmgr. 01 d'Azote ou 0,012 d'AzH<sup>3</sup>.

*Réactif de NESSLER.* — Dissoudre 50 gr. KI dans un peu d'eau froide, ajouter une solution saturée à froid de chlorure mercurique, jusqu'à précipité persistant, puis 400 cm<sup>3</sup> de Sol. aqueuse de Potasse à 50 % — compléter à 1 litre avec de l'eau distillée, exempte d'ammoniaque.

La coloration jaune en présence d' $\text{AzH}^3$  doit s'obtenir avant 5 minutes — des traces d'ammoniaque ne doivent pas donner de précipité dans l'espace de 2 heures.

Dans 16 tubes de NESSLER mettre les quantités suivantes de la solution type de Chlorure d'ammoniaque : 0-0,1-0,3-0,5-0,7-1-1,4-1,7-2-2,5-3-3,5-4-4,5-5-6.

Compléter avec de l'eau distillée exempte d' $\text{AzH}^3$  jusqu'à 50 cm<sup>3</sup>. A chacun d'eux, ainsi qu'aux tubes de distillats précédemment recueillis, ajouter 2 cm<sup>3</sup> du réactif de NESSLER. Sans agiter laisser agir 10 minutes. Comparer la coloration obtenue avec les distillats, avec celle de l'échelle des 16 tubes NESSLER. Une eau potable doit renfermer moins de 1 mmgr. d'Azote ammoniacal. Une eau potable doit renfermer 0 mmgr. 10, au plus d'Azote albuminoïde.

*Matières organiques.* — Le dosage des matières organiques ne peut s'effectuer directement; on les évalue donc en dosant la quantité d'oxygène qu'elles consomment lorsqu'on les brûle en sol. par le permanganate de potasse. On compte comme matière organique, le poids de permanganate de potasse consommé par un litre d'eau.

On effectuait autrefois le dosage en milieu acide et en milieu alcalin. On prétendait même différencier

les matières organiques d'origine animale et végétale, les premières absorbant plus d'oxygène en milieu acide — les secondes, au contraire, consommant davantage d'oxygène en milieu alcalin. (POUCHET ET BONJEAN).

Mais cette différenciation est subtile et d'ailleurs discutée (MALMÉJAC). Enfin on fait remarquer (GUICHARD) que l'acide permanganique et les permanganates en milieu acide, perdent leur oxygène dès la température de  $45^{\circ}$  — *a fortiori* à l'ébullition.

C'est pourquoi dans toutes nos analyses, nous nous sommes contentés d'effectuer le dosage en milieu alcalin seulement.

a) *Solution de permanganate* à 0,395 0/00 qu'on titre au moyen de la solution d'oxalate neutre d'ammoniaque à 0,888 0/00. 1 cm<sup>3</sup> de la solution MnO<sup>4</sup>K représente 0 mgr. 1 d'oxygène.

b) *Solution de sulfate de fer ammoniacal*, 10 gr. dissous dans H<sup>2</sup>O et 10 gr. SO<sup>4</sup>H<sup>2</sup> pur, eau distillée QS. pour un litre.

Dans un erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup>, mettre 200 cm<sup>3</sup> d'eau à analyser; dans un second 100 cm<sup>3</sup>.

Dans les deux fioles ajouter respectivement 20 et 10 cm<sup>3</sup> d'une solution de CO<sup>3</sup>HNa à 120 gr. par litre, et 10 cm<sup>3</sup> de la solution de permanganate.

Porter les deux fioles à l'ébullition pendant 10 minutes. Laisser refroidir  $\frac{1}{2}$  heure.

Ajouter dans les deux fioles une solution d'acide sulfurique dilué au 1/4 : 20 cm<sup>3</sup> dans l'épreuve sur 200 cm<sup>3</sup> d'eau; 10 cm<sup>3</sup> dans la deuxième. Verser dans

les deux fioles 10 cm<sup>3</sup> de solution sulfate de fer ammoniacal. La décoloration doit être complète.

Revenir à la coloration rose persistante par addition à l'aide d'une burette de Mohr de la solution de permanganate à 0,395 0/00.

La différence entre les deux chiffres trouvés, donne en mgr. la quantité d'oxygène absorbé par un litre d'eau.

Ce chiffre pour une eau potable, ne doit pas être supérieur à 2 mgr.

*Chlorures.* — Le dosage des chlorures est un des éléments essentiels d'une analyse d'eau. En effet l'urine de l'homme et des animaux, les eaux ménagères, renferment une proportion notable de chlorures. La présence d'une quantité trop forte de chlorures dans une eau de consommation, permettra de conclure à la contamination de l'eau, soit par fosse d'aisance, soit par fosse à purin.

La quantité de chlorures trouvée, rapprochée des résultats de l'analyse de l'Azote ammoniacal et albuminoïde, nitreux et nitrique, des matières organiques, sera un excellent élément d'interprétation des résultats de l'analyse.

Dans une capsule de porcelaine, on mesure 50 cm<sup>3</sup> d'eau qu'on additionne de quelques gouttes d'une solution de chromate neutre de potassium. On titre par la solution N/10 d'Azotate d'argent. Pour mieux apprécier la fin de la réaction, faire le même essai sur une quantité égale d'eau distillée.

Il est difficile de fixer un chiffre limite pour les chlorures que doivent contenir une eau potable; le

sol lui-même pouvant en céder à l'eau des proportions fort variables; et l'on doit, pour juger utilement, rapprocher ces résultats des autres données de l'analyse (nitrites, nitrates, Azote ammoniacal et albuminoïde).

*Alcalinité totale.* — A 100 cm<sup>3</sup> d'eau, on ajoute 2 gouttes d'une solution à 1 gr. 0/00 d'orangé de méthyle et on verse goutte à goutte une solution N/10 de SO<sup>4</sup>H<sup>2</sup> jusqu'au moment où la couleur vire du jaune au rose. On apprécie le virage avec plus de sensibilité en faisant simultanément un essai sur de l'eau distillée. L'alcalinité totale indique la proportion des bicarbonates alcalins et alcalino-terreux, des silicates et de l'ammoniaque libre contenus dans l'eau.

*Calcium.* — Le volume d'eau destiné au dosage de la chaux est introduit dans un vase de Bohême avec quelques cm<sup>3</sup> d'une solution saturée de chlorure d'ammonium, destinée à empêcher la précipitation des sels de magnésie. On chauffe presque à l'ébullition. On ajoute alors goutte à goutte une solution saturée d'oxalate d'ammoniaque jusqu'à cessation de précipité. Laisser 12 heures en repos. On filtre, on lave le précipité à l'eau distillée chaude. Après dessiccation à l'étuve, on calcine au moufle dans une capsule de platine tarée. On transforme le mélange de CaO et CO<sup>3</sup>Ca provenant de la calcination de l'oxalate en SO<sup>4</sup>Ca. Pour cela on dissout le précipité dans un peu d'HCl dilué et on ajoute quelques gouttes de SO<sup>4</sup>H<sup>2</sup>. On chasse l'excès d'acide en chauffant au bain de sable. Après une calcination ména-

gée, on pèse le  $\text{SO}^3\text{Ca}$  qu'on transforme en  $\text{CaO}$ .  
 $\text{SO}^3\text{Ca} \times 0,412 = \text{CaO}$ .

*Silice.* — On évapore la quantité d'eau suffisante pour obtenir un résidu d'environ 5 gr. Quand le résidu est encore humide, on ajoute 1  $\text{cm}^3$  d'acide chlorhydrique. On évapore alors à sec et on calcine  $\frac{1}{2}$  heure. Le résidu sec est humecté par quelques gouttes d' $\text{HCl}$  dilué. On chasse l'excès d'acide par la chaleur et on reprend par l'eau chaude. Filtrer et laver le résidu sur le filtre à l'eau chaude.

Le résidu est calciné et pesé=soit P.

On additionne le résidu de quelques gouttes d'acide  $\text{SO}^3\text{H}^2$  et d'acide fluorhydrique. On chasse l'excès d'acide par la chaleur et on pèse à nouveau, soit P'.

$\text{P} - \text{P}' =$  le poids de Silice.

*Résidu à 110°.* — Dans une capsule en platine tarée, on fait évaporer à sec 100  $\text{cm}^3$  d'eau à analyser, au bain-marie bouillant. La capsule est ensuite chauffée à l'étuve à 110° pendant  $\frac{1}{2}$  heure. Après le refroidissement sous l'exsiccateur, on pèse. L'augmentation de poids de la capsule multiplié par 10; donne le résidu total pour 1.000  $\text{cm}^3$  d'eau.

#### ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE.

Aux résultats fournis par l'analyse chimique, viennent maintenant s'ajouter ceux donnés par l'analyse bactériologique. Les deux résultats conjugués et confrontés permettent ainsi de conclure à coup sûr, car l'analyse bactériologique apporte des éléments d'appréciation d'une importance capitale.

Nous avons vu, en effet, combien sont nombreuses les maladies transmissibles par l'eau, parmi lesquelles les deux plus terribles sont la typhoïde et le choléra.

On ne peut songer à rechercher dans les eaux chacun des germes des différentes maladies, ce qui compliquerait l'analyse et ne permettrait d'ailleurs aucune conclusion dans les cas négatifs. En effet pour le *bacille typhique* sa recherche est très difficile, même illusoire, et on finit toujours par découvrir du colibacille sans aucun *bacille typhique* même dans les eaux notoirement typhogènes. De même, quand une épidémie éclate, le bacille a généralement disparu de l'eau qu'on analyse, à moins que la contamination ne se renouvelle de façon incessante. Enfin, même au cas où on ne trouverait ni *bacille typhique*, ni *vibrion cholérique*, on n'aurait pas le droit de conclure que les eaux analysées ne seront jamais contaminées. Ces microbes, qui ont pour habitat les excréta et les cadavres des malades peuvent ne pas s'y trouver au moment de l'analyse et y être apportés par la suite, une eau coli-bacillaire peut à un moment donné devenir typhogène.

Or, précisément le but de l'analyse est de permettre de conclure à l'absence de contamination possible ou probable.

Pour ce faire, au lieu de rechercher dans l'eau les microbes *pathogènes* recherche-t-on les microbes *commensaux* habituels de l'intestin de l'homme ou des animaux parmi lesquels il faut citer en premier lieu le colibacille.

Mais le colibacille et les microbes voisins sont extrêmement répandus et on les trouve un peu partout, dans le sol même. Pour pouvoir conclure il faut donc apprécier la quantité de colibacilles trouvée, la contamination par fosses d'aisances ou fosses à purin apportant toujours une quantité très importante de colibacilles.

Ainsi donc une analyse bactériologique d'eau comporte ordinairement deux opérations principales.

1°) Numération des germes en général (Analyse quantitative).

2°) Recherche et numération des colibacilles et autres bacilles de contamination (Analyse qualitative).

Voici les méthodes employées dans nos recherches.

*Analyse quantitative.*

La numération des germes a été faite sur gélopeptone.

|                 |          |
|-----------------|----------|
| Gélatine .....  | 120 gr.  |
| Peptone .....   | 20 gr.   |
| Sel marin ..... | 5 gr.    |
| Eau .....       | 1000 gr. |

Répartir en tubes de 10 cm<sup>3</sup>.

On fait fondre 3 de ces tubes au bain-marie. Lorsque la température des tubes est revenue à environ à 40 degrés (chaleur de la main) on fait tomber dans chacun d'eux, respectivement une goutte, 2 gouttes et 5 gouttes d'eau à analyser à l'aide d'une pipette donnant 50 gouttes au cm<sup>3</sup>; soit dans chaque tube 1/50 - 1/25 - 1/10 de cm<sup>3</sup>. On mélange sans émulsionner et on coule chaque tube en boîte de PÉTRI

qu'on fait refroidir rapidement. Puis on porte à l'étuve à 20°. Au bout de deux jours les colonies apparaissent et on les numérote au fur et à mesure tous les deux jours jusqu'au 15<sup>e</sup> jour. On fait la moyenne des 3 boîtes, et on exprime les résultats en les rapportant au cm<sup>3</sup>.

Lorsqu'il y a des colonies liquéfiantes on note l'odeur s'il y a lieu; lorsque la liquéfaction envahit la plaque on arrête la numération, et, on en tient compte dans les résultats en se reportant aux échelles établies à ce sujet par MIQUEL.

Une eau peut être considérée comme pure lorsqu'elle renferme moins de 1000 germes par cm<sup>3</sup> (MIQUEL) cette appréciation n'a rien d'absolu, chaque cas doit-être considéré en particulier.

On devra noter soigneusement également si la culture a donné lieu à des colonies chromogènes et liquéfiantes ou simplement chromogènes ou liquéfiantes. Au besoin, on pourra identifier certaines colonies par culture sur milieux spéciaux.

Parmi les microbes pouvant être rencontrés plus fréquemment dans les eaux impures, outre les agents des maladies transmissibles par l'eau citons le *Coli-bacille*, l'*Entérocoque*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus fluorescens liquefaciens*, *Bacillus fluorescens putridus*, *Bacillus fluorescens non liquefaciens*, *Bacillus cloacae*, *Spirillum tenue*, *Spirillum undulla*, *Spirillum serpens*.

#### *Analyse qualitative.*

Pour l'analyse qualitative, nous avons utilisé la recherche de la contamination globale des eaux au

moyen du rouge neutre comme l'a préconisé ROCHAIX, au lieu de rechercher simplement le *colibacille*. On sait que cette méthode est basée sur l'emploi d'un bouillon au rouge neutre. L'action réductrice du *colibacille* avait été utilisée avec plus ou moins de succès antérieurement, pour la détection de ce microbe dans l'eau. ROCHAIX dans une série d'études publiées de 1909 à 1917 a élucidé le mécanisme de cette réaction, montré dans quelles conditions elle devait être effectuée, recherché les microbes qui possèdent également le pouvoir de réduire ce corps. Et il est arrivé à cette conclusion, que dans les conditions indiquées, la réaction du rouge neutre est l'apanage des microbes des matières fécales, du purin et du fumier (*colibacilles*, *paratypiques* A et B, *bacillus enteritidis*, de GOERTNER, *bacillus cloacae*, *bacillus* du *Hog-cholera*, *Proteus* dans ses diverses variétés, *pneumobacille* de FRIEDLANDER, *urobactéries*, *bacille pyocyanique*, etc...). Un échantillon d'eau ensemencé en bouillon rouge neutre, dans les conditions voulues et donnant une réaction positive sera donc considéré comme contaminé, non seulement par le *colibacille* mais par d'autres microbes ayant la même signification. L'indice de contamination n'est plus le *colibacille* seul, mais l'ensemble des microbes faisant virer le rouge neutre.

Dans un  $\frac{1}{2}$  litre d'eau, on fait cuire 125 gr. de viande de bœuf (mais un point essentiel est que la viande soit à peine cuite). On ajoute :

|               |        |
|---------------|--------|
| Peptone ..... | 10 gr. |
| NaCl .....    | 10 gr. |

On ramène à 500 cm<sup>3</sup> avec de l'eau. On neutralise avec une solution de CO<sup>3</sup>Na<sup>2</sup> (on va même jusqu'à faible alcalinité). On stérilise à l'autoclave à 120° pendant 1/4 d'heure. Après refroidissement et décantation on ajoute 5 cm<sup>3</sup> de la solution.

Eau distillée .... 100 cm<sup>3</sup>

Rouge neutre ... 5 gr.

On stérilise à l'autoclave à 115° pendant ½ heure.

L'addition de glucose au milieu, comme l'avait proposé SAVAGE, pourrait fausser les résultats, car le virage au jaune canari avec fluorescence verte, est dû à des phénomènes de réduction en milieu alcalin (ROCHAUX). Or, la fermentation des sucres aboutit à la formation d'acides, ce qui pourrait gêner la réaction.

Pour apprécier la contamination on emploie l'échelle ci-dessous. On répartit dans différents tubes ou fioles, l'eau à analyser aux doses de :

0 cm<sup>3</sup> 50 - 1 cm<sup>3</sup> - 2 cm<sup>3</sup> - 5 cm<sup>3</sup> - 10 cm<sup>3</sup> - 20 cm<sup>3</sup>.

Dans chaque tube ou fiole on ajoute du bouillon au rouge neutre dans les proportions correspondantes suivantes :

1 cm<sup>3</sup> - 2 cm<sup>3</sup> - 4 cm<sup>3</sup> - 10 cm<sup>3</sup> - 20 cm<sup>3</sup> - 40 cm<sup>3</sup>.

On porte à l'étuve à 37° pendant 48 heures. Les tubes renfermant des microbes de contamination d'origine fécale deviennent jaune canari avec fluorescence verte. Si le deuxième tube est le premier qui présente le virage, on dit qu'il y a un microbe de contamination au cm<sup>3</sup>, soit 1.000 au litre, ou que l'eau est contaminée à 1 cm<sup>3</sup>.

Lorsqu'on trouve des microbes de contamination, à partir de 100 au litre l'eau devient suspecte. A

200 elle doit être considérée comme franchement contaminée.

L'interprétation des résultats peut être ou très facile, ou très délicate, chaque cas doit être envisagé en particulier.



## CHAPITRE IV.

### **Analyses effectuées au moment des captages.**

Voici les trois résultats d'analyse qu'il nous a été donné de retrouver dans les dossiers que nous avons pu consulter.

Pour la source de MEAUPRÉ, aucun résultat d'analyse bactériologique n'est mentionné; car à cette époque on n'effectuait que l'analyse minérale.

De la source de MALESSART dont le captage fut refait en 1886, nous n'avons pu retrouver aucune analyse.

La source de MALESSART dont nous donnons l'analyse, est celle qui fut captée en 1926, pour compléter l'alimentation, du quartier de la Madeleine. Nous remarquons que dans ce résultat le colibacille est mentionné sans numération — et cependant il est conclu à eau potable.

Enfin pour la source du TIR A L'OISEAU, même remarque. La numération du colibacille n'est pas effectuée. La conclusion est également : eau potable. Il est vrai que la situation exceptionnelle de la source, en pleine forêt, et le nombre peu élevé de germes au  $\text{cm}^3$ , autorisaient à conclure en ce sens.

SOURCES DE MEAUPRÉ.

Analyse faite en février 1880 par le Laboratoire  
des Ponts et Chaussées.

|                                                        | A     | B     |
|--------------------------------------------------------|-------|-------|
| Degré hydrotimétrique...                               | 16°   | 17°   |
| Oxygène dissous .....                                  | 6,3   | 7,30  |
| Co <sup>2</sup> .....                                  | 13,9  | 16,6  |
| Azote .....                                            | 13,7  | 17    |
| Total .....                                            | 33,9  | 40,9  |
| Résidu de l'évaporation par litre.                     |       |       |
| SO <sup>4</sup> H <sup>2</sup> .....                   | 0,014 | 0,012 |
| Cl .....                                               | 0,009 | 0,008 |
| Silice .....                                           | 0,011 | 0,013 |
| Peroxyde de fer et alu-<br>mine .....                  | 0,010 | 0,008 |
| Chaux .....                                            | 0,081 | 0,075 |
| Magnésie .....                                         | 0,003 | 0,003 |
| Alcali .....                                           | 0,011 | 0,013 |
| Matières combustibles vo-<br>latiles .....             | 0,044 | 0,044 |
| CO <sup>2</sup> , produits non dosés<br>et perte ..... | 0,020 | 0,037 |
| Total .....                                            | 0,203 | 0,213 |

Conclusion : Paraissent toutes deux excellentes  
pour usages domestiques.

FONTAINE DE MALESSART.  
(Captage de 1926).

|                                                          |                        |             |
|----------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| Matières organiques                                      | { Sol Acide . . . . .  | 1 mmgr. 750 |
| en oxygène . . . . .                                     | { Sol alcaline . . . . | 1 mmgr. 250 |
| Oxygène dissous en poids . . . . .                       |                        | 7 mmgr. 625 |
| Azote ammoniacal . . . . .                               |                        | 0           |
| — organique . . . . .                                    |                        | 0           |
| Nitrites . . . . .                                       |                        | 0           |
| Nitrates en $\text{AzO}^3\text{H}$ . . . . .             |                        | 14,4        |
| $\text{SO}^4\text{H}^2$ . . . . .                        |                        | traces      |
| $\text{ClNa}$ . . . . .                                  |                        | 5,2         |
| Degré hydrotimétrique total . . . . .                    |                        | 16°         |
| — — permanent . . . . .                                  |                        | 4°          |
| Alcalimétrie en $\text{CO}^3\text{Ca}$ . . . . .         |                        | 148         |
| Analyse Bactériologique : 321 germes par $\text{cm}^3$ . |                        |             |

Le nombre des colibacilles par litre n'est pas donné; on signale seulement sa présence.

Conclusion : eau potable.

FONTAINE DU TIR A L'OISEAU.

Analyse effectuée le 21 juin 1909 au Laboratoire  
du Conseil Supérieur d'hygiène de France.

*Analyse chimique.*

|                                              |                     |             |
|----------------------------------------------|---------------------|-------------|
| Matières organiques                          | Sol Acide .....     | 0 mmgr. 750 |
|                                              | Sol alcaline ....   | 0 mmgr. 750 |
| Oxygène dissous en poids .....               |                     | 7 mmgr. 250 |
| Azote ammoniacal .....                       |                     | 0           |
| Azote albuminoïde .....                      |                     | 0           |
| Nitrites .....                               |                     | 0           |
| Nitrates .....                               | traces très faibles |             |
| Acide phosphorique .....                     |                     | 0           |
| Acide sulfurique en $\text{SO}^3$ .....      |                     | 2 mmgr.     |
| Degré hydrotimétrique total .....            |                     | 17°         |
| —                                            | — permanent ...     | 3°          |
| ClNa .....                                   |                     | 8 mmgr.     |
| Alcalimétrie en $\text{CO}^3\text{Ca}$ ..... |                     | 148 mmgr.   |

*Analyse bactériologique*

78 germes au  $\text{cm}^3$

penicillium glaucus

micrococcus candicans

bacillus aerophilus

bacillus flavus

colibacille

Conclusion : Eau de bonne qualité, malgré la présence du colibacille qui doit être attribuée à une cause accidentelle.

*Signé : BONJEAN.*

## CHAPITRE VII.

### Recherches personnelles.

Pour chaque puits ou source nous avons procédé à trois analyses, l'une en périodes de pluies prolongées, à la fin de l'hiver ou au début du printemps, l'autre en période de sécheresse au milieu de l'été, et la troisième à l'automne après les premières pluies.

Les tableaux qui suivent résument les résultats.

PUITS AUCLAIR.  
Résultats de l'Analyse Chimique.

|                                             | Printemps<br>pluie | Été<br>temps sec<br>1928 | Automne<br>pluie<br>1929 |
|---------------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| Degré hydrotimétrique total .....           | 52°                | 51°                      | 51°                      |
| — — — permanent .....                       | 25°                | 26°                      | 26°                      |
| Chlorures .....                             | 60.35              | 21.93                    | 30.45                    |
| Matières organiques en milieu alcalin ..... | 1                  | 0.45                     | 0.83                     |
| Nitrites .....                              | néant              | néant                    | néant                    |
| Nitrates .....                              | 180                | 160                      | 165                      |
| Azote ammoniacal .....                      | 0.10               | 0.08                     | 0.10                     |
| Azote albuminoïde .....                     | 0.14               | 0.11                     | 0.12                     |
| Résidu à 100° .....                         | 980                | 921.6                    | 945                      |
| Silice .....                                |                    | 26.1                     |                          |
| Chaux (en SO <sup>4</sup> Ca) .....         |                    | 637.2                    |                          |
| Alcalinité (en CO <sup>3</sup> Ca) .....    |                    |                          |                          |

Les résultats sont tous exprimés en mmgr. par litre.

PUITS AUCLAIR.

Résultats de l'Analyse bactériologique.

|                                                                       | Analyse<br>printemps<br>pluie                          | Analyse été<br>1928 sec                    | Analyse<br>automne<br>1929 pluie                       |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1°) Recherche des microbes de contamination<br>d'origine fécale ..... | 5.200 au l.<br>plus de<br>10.000<br>au cm <sup>3</sup> | 4.000 au l.<br>8.375<br>au cm <sup>3</sup> | 4.500 au l.<br>plus de<br>10.000<br>au cm <sup>3</sup> |
| 2°) Recherche et numération des bactéries .....                       |                                                        |                                            |                                                        |
| a) bactéries non chromogènes non liquéfiantes.                        |                                                        | 4.113                                      |                                                        |
| b) — — liquéfiantes ....                                              |                                                        | 339                                        |                                                        |
| c) — — chromogènes non liquéfiantes ..                                |                                                        | 3.687                                      |                                                        |
| d) — — liquéfiantes .....                                             |                                                        | 226                                        |                                                        |

Puits CHAUVOT.  
Résultats de l'Analyse chimique.

|                                             | Printemps<br>pluie | Eté sec<br>1928 | Automne<br>pluie 1929 |
|---------------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|
| Degré hydrotimétrique total .....           | 14°                | 14°             | 14°                   |
| — — permanent .....                         | 2°                 | 2°              | 2°                    |
| Matières organiques en milieu alcalin ..... | 0.6                | 0.3             | 0.4                   |
| Chlorures .....                             | 11.7               | 16.95           | 13                    |
| Nitrites .....                              | néant              | néant           | néant                 |
| Nitrates .....                              | 1.3                | 1               | 1                     |
| Azote ammoniacal .....                      | 0.05               | 0.06            | 0.06                  |
| Azote albuminoïde .....                     | 0.10               | 0.09            | 0.09                  |
| Résidu à 110° .....                         | 157                | 168.5           | 165                   |
| Silice .....                                |                    | 11.7            |                       |
| Chaux (en SO <sup>4</sup> Ca) .....         |                    | 176.4           |                       |
| Alcalinité (en CO <sup>3</sup> Ca) .....    |                    | 19.             |                       |

Tous les résultats sont exprimés en mmgr. par litre.

Puits CHAUVOT.

Résultats de l'Analyse bactériologique.

|                                                                       | Analyse<br>printemps<br>pluie           | Analyse<br>été<br>1928 sec              | Analyse<br>automne<br>1929 pluie        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1°) Recherche des microbes de contamination<br>d'origine fécale ..... | néant                                   | néant                                   | néant                                   |
| 2°) Numération des bactéries (1) .....                                | environ<br>10.000<br>au cm <sup>3</sup> | environ<br>10.000<br>au cm <sup>3</sup> | environ<br>10.000<br>au cm <sup>3</sup> |

(1) Les bactéries liquéfiantes envahissent la plaque, et ne permettent pas une numération plus exacte.

TIR A L'OISEAU.

*Résultats de l'Analyse chimique.*

|                                             | Printemps<br>pluie | Été sec<br>1928 | Automne<br>pluie 1929 |
|---------------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|
| Degré hydrotimétrique total .....           | 13°                | 14°             | 14°                   |
| — — permanent .....                         | 2° 5               | 2° 5            | 2°                    |
| Matières organiques en milieu alcalin ..... | 0.8                | 0.6             | 0.6                   |
| Chlorures .....                             | 9                  | 15.21           | 11.                   |
| Nitrites .....                              | néant              | néant           | néant                 |
| Nitrates .....                              | 0.9                | 0.5             | 0.7                   |
| Azote ammoniacal .....                      | 0.14               | 0.11            | 0.13                  |
| Azote albuminoïde .....                     | 0.10               | 0.08            | 0.09                  |
| Résidu à 110° .....                         | 180                | 166.8           | 173                   |
| Silice .....                                |                    | 9.7             |                       |
| Chaux (en SO <sup>4</sup> Ca) .....         |                    | 190             |                       |
| Alcalinité (en CO <sup>3</sup> Ca) .....    |                    | 22              |                       |

Tous les résultats sont exprimés en mmgr. par litre.

TIR A L'OISEAU.

*Résultats de l'Analyse bactériologique.*

|                                                                       | Analyse<br>printemps<br>pluie | Eté sec<br>1928        | Automne<br>pluie 1929  |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1°) Recherche des microbes de contamination<br>d'origine fécale ..... | 50 au litre.                  | 10 au litre.           | 30 au litre.           |
| 2°) Numération des bactéries .....                                    | 460 au cm <sup>3</sup>        | 198 au cm <sup>3</sup> | 305 au cm <sup>3</sup> |
| a) bactéries non chromogènes non liquéfiantes.                        | 170 —                         | 90 —                   | 125 —                  |
| b) — — liquéfiantes ....                                              | 80 —                          | 25 —                   | 40 —                   |
| c) — — chromogènes non liquéfiantes ....                              | 140 —                         | 65 —                   | 107 —                  |
| d) — — liquéfiantes .....                                             | 70 —                          | 18 —                   | 33 —                   |

SOURCE MEAUPRÉ.  
Résultats de l'Analyse chimique.

|                                             | Printemps<br>pluie | Eté sec<br>1928 | Automne<br>pluie 1929 |
|---------------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|
| Degré hydrotimétrique total .....           | 19° 5              | 16°             | 18° 5                 |
| — — permanent .....                         | 2° 5               | 2° 5            | 2° 5                  |
| Matières organiques en milieu alcalin ..... | 0.5                | 0.6             | 0.6                   |
| Chlorures .....                             | 12.4               | 15.21           | 13.                   |
| Nitrites .....                              | néant              | néant           | néant                 |
| Nitrates .....                              | 2.3                | 2.              | 1.8                   |
| Azote ammoniacal .....                      | 0.05               | 0.04            | 0.03                  |
| Azote albuminoïde .....                     | 0.08               | 0.08            | 0.06                  |
| Résidu à 110° .....                         | 210                | 206.4           | 208                   |
| Silice .....                                |                    | 11.8            |                       |
| Chaux (en SO <sup>4</sup> Ca) .....         |                    | 244.3           |                       |
| Alcalinité (en CO <sup>3</sup> Ca) .....    |                    | 16.5            |                       |

Tous les résultats sont exprimés en mmgr. par litre.

## SOURCE MEAUPRÉ.

## Résultats de l'Analyse bactériologique.

|                                                                       | Analyse<br>printemps<br>pluie | Eté sec<br>1928        | Automne<br>pluie 1929  |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|
|                                                                       | 50 au litre.                  | néant                  | néant                  |
| 1°) Recherche des microbes de contamination<br>d'origine fécale ..... | 380 au cm <sup>3</sup>        | 137 au cm <sup>3</sup> | 157 au cm <sup>3</sup> |
| 2°) Recherche et numération des bactéries ....                        | 90 —                          | 43 —                   | 52 —                   |
| a) bactéries non chromogènes non liquéfiantes.                        | 60 —                          | 27 —                   | 26 —                   |
| b) — — liquéfiantes ....                                              | 180 —                         | 55 —                   | 60 —                   |
| c) — — chromogènes non liquéfiantes ....                              | 50 —                          | 12 —                   | 19 —                   |
| d) — — liquéfiantes .....                                             |                               |                        |                        |

PUITS DE MEAUPRÉ.  
Résultats de l'Analyse chimique.

|                                             | Printemps<br>pluie | Été sec<br>1928 | Automne<br>pluie 1929 |
|---------------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|
| Degré hydrotimétrique total .....           | 41° 5              | 39°             | 39°                   |
| — — permanent .....                         | 7° 5               | 7°              | 7° 5                  |
| Matières organiques en milieu alcalin ..... | 34.                | 26.32           | 29.5                  |
| Chlorures .....                             | 1                  | 0.6             | 0.8                   |
| Nitrites .....                              | néant              | néant           | néant                 |
| Nitrates .....                              | 67                 | 60              | 61                    |
| Azote ammoniacal .....                      | 0.09               | 0.06            | 0.07                  |
| Azote albuminoïde .....                     | 0.15               | 0.11            | 0.11                  |
| Résidu à 110° .....                         | 730                | 545.5           | 585                   |
| Silice .....                                |                    | 7.5             |                       |
| Chaux (en SO <sup>4</sup> Ca) .....         |                    | 501.6           |                       |
| Alcalinité (en CO <sup>3</sup> Ca) .....    |                    |                 |                       |

Tous les résultats sont exprimés en mmgr. par litre.

PUITS DE MEAUPRÉ.

Résultats de l'Analyse bactériologique.

|                                                                       | Analyse<br>printemps<br>pluie | Analyse<br>Eté sec<br>1928 | Analyse<br>Automne<br>pluie 1929 |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 1°) Recherche des microbes de contamination<br>d'origine fécale ..... | 3.000 au litre                | 500 au litre               | 2.000 au litre                   |
| 2°) Numération des bactéries .....                                    | 2.685 au cm <sup>3</sup>      | 1.727 au cm <sup>3</sup>   | 1.875 au cm <sup>3</sup>         |
| a) bactéries non chromogènes non liquéfiantes.                        | 1.468                         | 781                        | 849                              |
| b) — — — liquéfiantes ....                                            | 259                           | 204                        | 243                              |
| c) — — — chromogènes non liquéfiantes ....                            | 799                           | 627                        | 635                              |
| d) — — — liquéfiantes .....                                           | 159                           | 115                        | 148                              |

FONTAINE DE MALESSART.  
Résultats de l'Analyse chimique.

|                                             | Printemps<br>pluie | Eté sec<br>1928 | Automne<br>pluie 1929 |
|---------------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|
| Degré hydrotimétrique total .....           | 19° 5              | 15°             | 17°                   |
| — — — permanent .....                       | 5° 5               | 4°              | 4°                    |
| Matières organiques en milieu alcalin ..... | 11,1               | 8.77            | 9                     |
| Chlorures .....                             | 0.4                | 0.2             | 0.5                   |
| Nitrites .....                              | néant              | néant           | néant                 |
| Nitrates .....                              | 55                 | 50              | 50                    |
| Azote ammoniacal .....                      | 0.10               | 0.07            | 0.08                  |
| Azote albuminoïde .....                     | 0.13               | 0.09            | 0.09                  |
| Résidu à 110° .....                         | 229.5              | 217.6           | 218                   |
| Silice .....                                |                    | 6.4             |                       |
| Chaux (en SO <sup>4</sup> Ca) .....         |                    | 206             |                       |
| Alcalinité (en CO <sup>3</sup> Ca) .....    |                    |                 |                       |

Tous les résultats sont exprimés en mmgr. par litre.

FONTAINE DE MALESSART.  
*Résultats de l'Analyse bactériologique.*

|                                                                       | Analyse<br>printemps<br>pluie | Analyse<br>Eté sec<br>1928 | Analyse<br>Automne<br>pluie 1929 |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
|                                                                       | néant                         | néant                      | néant                            |
| 1°) Recherche des microbes de contamination<br>d'origine fécale ..... | 830 au cm <sup>3</sup>        | 350 au cm <sup>3</sup>     | 432 au cm <sup>3</sup>           |
| 2°) Numération des bactéries .....                                    | 370                           | 140                        | 208                              |
| a) bactéries non chromogènes non liquéfiantes.                        | —                             | —                          | —                                |
| b) — — liquéfiantes ....                                              | 50                            | 40                         | 43                               |
| c) — — chromogènes non liquéfiantes ....                              | 350                           | 135                        | 143                              |
| d) — — liquéfiantes .....                                             | 60                            | 35                         | 39                               |



## CHAPITRE V.

### Discussion des résultats.

#### PUITS AUCLAIR.

Ce puits, creusé au pied de la colline du CALVAIRE, atteint une nappe d'eau située probablement à la limite des calcaires marneux et des calcaires à entroques. Situé en pleine ville, il n'est plus actuellement utilisé pour l'alimentation, car malgré les égouts qui collectent les eaux de surface, sa situation en contrebas l'expose à des contaminations par infiltration d'eaux provenant des fosses d'aisances non étanches. C'est ce que confirment nos analyses résumées au tableau III.

Le degré hydrotimétrique atteint des chiffres excessivement élevés. Le *Comité Consultatif d'hygiène de France* fixe en effet pour une eau suspecte les chiffres de 30° pour la dureté totale, et 12° à 18° pour la dureté permanente. Nous sommes loin d'un tel résultat, puisque nous trouvons respectivement 51° et 26°. Ces chiffres dépassent d'une telle quantité ceux trouvés pour des puits semblables creusés en même terrain qu'ils doivent immédiatement attirer notre

attention. Les chiffres atteints par les chlorures (60 mmgr., 21 mmgr. et 30 mmgr.) confirment cette opinion. Il n'existe aucun chiffre limite pour la quantité de chlore d'une eau potable. C'est qu'en effet la proportion en est infiniment variable avec les terrains et les régions. Mais il est d'usage d'admettre que la quantité de chlore pour une eau de puits ne doit pas excéder d'une façon notable (1 ou 2 mmgr. par 0/00) celle trouvée dans les eaux de sources issues dans le même terrain. Or le chiffre le plus élevé que nous ayons trouvé pour les trois sources étudiées, est de 15 mmgr. 21 (source de MEAUPRÉ). Encore ce chiffre nous paraît-il élevé comme nous le verrons par la suite.

Pour le puits AUCLAIR, on doit donc penser qu'une infiltration d'eau usée ou de fosses d'aisances a lieu, sinon d'une façon continue tout au moins d'une manière intermittente.

Les matières organiques en milieu alcalin donnent le chiffre de 1, 0.45 et 0.83 suivant la saison, en oxygène emprunté. Ces chiffres sont très peu élevés. On admet en général (*Comité Consultatif d'hygiène*) que jusqu'à 2 mmgr. d'O en Sol. alcaline une eau est potable. De ce chiffre il faut rapprocher ceux fournis par la recherche de l'azote ammoniacal et albuminoïde, qui sont respectivement 0 mmgr. 10, 0.08 et 0.12, 0.11 et 0.14. Or une eau potable doit renfermer moins de 1 mmgr. d'azote ammoniacal et le *Comité Consultatif d'hygiène* admet qu'une eau est encore potable lorsqu'elle renferme 0 mmgr. 10 d'azote albuminoïde.

Pour l'azote albuminoïde, nous sommes juste à la limite pour l'été 1928 malgré la période de sécheresse qui sévissait alors.

Au printemps, en pleine période de pluie, le taux atteint 0 mmgr. 14 et en automne 1929 après une courte période de pluie et un été très sec il atteint déjà 0 mmgr. 12, ce qui démontre la contamination par les eaux de surface.

L'eau ne renferme pas de nitrites, ce qui exclut l'idée d'une contamination directe et immédiate. Leur seule présence permettant de faire rejeter une eau, sans que pour cela la réciproque soit vraie. Par contre les chiffres trouvés pour les nitrates sont très élevés (180 mmgr., 160 mmgr. à 165) alors que le *Comité Consultatif d'hygiène de France* donne la limite de 15 mmgr. 0/00.

Les nitrates sont le produit final de l'oxydation des matières organiques azotées, de l'ammoniaque et de l'acide nitreux. Leur présence témoigne de l'existence antérieure de matières organiques. Que l'action nitrifiante s'arrête pour une raison quelconque et l'eau sera polluée. Ces chiffres élevés rapprochés de ceux également élevés des chlorures, permettent de conclure qu'il y a eu contamination autrefois ou qu'il s'écoule dans le puits des eaux souillées qui sont nitrifiées avant d'y parvenir. Le danger n'existe pas moins et doit faire rejeter une telle eau de la consommation.

La quantité de chaux contenue par l'eau de ce puits est très élevée, ce qu'indique déjà son degré hydrotimétrique, et ce qui explique que le résidu à

110° soit si élevé. Le maximum toléré est en effet 500 mmgr. Mais, à part l'inconvénient d'user plus de savon, de mal cuire les légumes, le titre d'une eau en chaux n'influe pas sur la potabilité.

En résumé donc, nous avons à faire au point de vue chimique à une eau impropre à la consommation, car sa forte teneur en chlore et en nitrates, malgré les faibles chiffres trouvés pour les matières organiques et l'azote ammoniacal, et malgré l'absence des nitrites, permet de supposer une contamination intermittente du puits. Si l'on passe à l'analyse bactériologique, ces résultats et ces hypothèses se trouvent entièrement confirmés.

L'analyse y révèle en effet les chiffres formidables de 5.200, 4.000 et 4.500 microbes de contamination d'origine fécale au litre et 10.000 germes environ au cm<sup>3</sup>. Ces résultats sont très nets et montrent qu'on se trouve en présence d'une eau souillée par des infiltrations de fosses d'aisances et qu'elles doit être absolument rejetés de la consommation.

Avant 1883, c'est-à-dire avant l'établissement de la canalisation actuelle, c'est pourtant à des puits semblables que les habitants de CHAROLLES étaient dans la nécessité de s'adresser pour se fournir en eau potable. La disposition de la ville construite en étage sur deux collines, la nature du sol calcaire aux failles excessivement nombreuses, tout explique un pareil résultat; les eaux usées faisant en somme cascade de fosses en puits au gré de la pente. Il existe en effet à CHAROLLES de nombreux cabinets dont la fosse est un puits perdu et qu'on ne se rappelle pas, de mémoire

d'homme, avoir été dans la nécessité de vidanger. Et pourtant, à l'égal du propriétaire d'un grand crû de Bourgogne, chaque propriétaire d'un puits défendait son eau comme la plus fraîche et la plus agréable. Il nous souvient encore du propriétaire d'un hôtel, dont le puits était à chaque crue de la rivière régulièrement submergé et qui pourtant préférait et servait à ses clients *son eau* de préférence à celle de la pompe située en face.

On frémit à la pensée que la moindre rupture dans l'équilibre de l'état sanitaire aurait pu amener de graves épidémies. En particulier la typhoïde aurait pu s'établir presque à l'état endémique. Et pourtant nous n'avons pu retrouver trace d'aucune épidémie marquante; et s'il y eut à Charolles avant 1883 des cas de typhoïde ce ne furent que des cas isolés. Cet exemple typique nous confirme donc dans notre opinion, que l'on doit faire peu de cas de l'eau de puits pour l'alimentation d'une ville, lorsqu'on se trouve sur un sol qui assure mal la filtration de l'eau d'une part, et l'étanchéité des fosses d'aisances d'une autre.

#### PUITS CHAUVOT.

Au contraire du précédent, ce puits se trouve creusé en pleine campagne, non loin de la lisière de la forêt de CHAROLLES et de même que lui dans le calcaire à entroques du bajocien. Mais, contrairement à ce qui se produisait pour le puits AUCLAIR, son périmètre de protection est excellent. Il se trouve situé au flanc

d'une pente d'inclinaison moyenne, dont la partie la plus élevée est occupée par la forêt de CHAROLLES. En contre bas se trouvent des prés. Aucun tas de fumier à proximité, comme on le voit encore trop souvent dans de nombreuses cours de ferme.

Le degré hydrotimétrique est très faible; 14° pour le degré total, 2° pour le degré permanent — puisque les limites accordées par le *Comité Consultatif d'hygiène de France* sont 15 et 30° pour la dureté totale, et 5 à 12° pour la dureté permanente. Les matières organiques sont en très faibles quantités. Les nitrates, l'Azote ammoniacal et albuminoïde également — il n'y a pas de nitrites. Enfin pour les chlorures nous trouvons un chiffre concordant bien avec la moyenne fournie par les sources de la région.

Le seul chiffre vraiment élevé est celui de la chaux 176 mmgr. 4 en  $\text{SO}^4\text{Ca}$ , d'où une alcalinité de 19 mmgr. en  $\text{CO}^3\text{Ca}$ . Encore est-ce le résultat le plus faible de toutes les analyses auxquelles nous nous sommes livrés : c'est du reste un caractère normal, étant donné la nature du sol dans lequel est creusé le puits. Comme nous l'avons vu, la teneur en chaux n'influe pas sur la potabilité. Le seul inconvénient étant de rendre l'eau lourde à digérer, et incrustante, mais le chiffre atteint dans le cas qui nous occupe, n'est pas suffisamment élevé, pour influencer d'une façon notable sur la digestion.

En résumé, l'analyse chimique permet de conclure à une eau très pure.

L'analyse bactériologique ne révèle aucun microbe de contamination d'origine fécale, mais par contre

décèle 10.000 bactéries au  $\text{cm}^3$  avec liquéfaction envahissante.

Malgré ce dernier chiffre élevé on peut conclure à une eau de bonne qualité, étant donné d'une part les résultats fournis par l'analyse chimique et d'autre part, l'absence de microbes de contamination d'origine fécale. On se trouve en présence de germes banaux. Un simple nettoyage du puits permettrait d'améliorer ce résultat et d'avoir une eau à tous points de vue, parfaite.

Ainsi donc, voici deux puits creusés tous deux dans le même terrain, prenant très probablement leur eau, au même niveau géologique : l'un, situé en ville, entouré de toutes sortes de causes de contamination, donne une eau impropre à la consommation; l'autre au contraire, bien protégé sur un périmètre suffisant, donne une eau de tous points de vue excellente. Le contraste est frappant.

Plus le périmètre de protection est parfait, meilleure est l'eau. C'est pourquoi en ville, on ne devrait jamais avoir recours à l'eau de puits, car on ne peut en général contrôler une surface de terrain suffisante pour assurer la potabilité de l'eau. A la campagne, au contraire, on peut trouver des puits donnant une eau excellente, car on devrait toujours situer le puits au milieu d'un périmètre bien protégé. Mais vienne un jour s'établir dans le voisinage une industrie dangereuse (équarrissage...), ou plus simplement qu'un voisin vienne à construire une écurie, une fosse à purin... etc., en contre haut de votre puits et l'eau aujourd'hui bonne, se souillera de façon insensible, et

lorsque le terrain, tout alentour du puits, sera bien imprégné de matières organiques, le puits deviendra inutilisable. Ce sont là les surprises que réservent chaque jour les terrains calcaires où les moindres failles, souvent imperceptibles, anihilent tout pouvoir filtrant.

#### SOURCE DU TIR A L'OISEAU.

La source du TIR A L'OISEAU prend naissance au milieu de la forêt de CHAROLLES. Chaque année les frais ombrages, habituellement silencieux, s'animent des chants et des danses de la fête millénaire du TIR A L'OISEAU. Après l'animation d'un jour de fête, la forêt renaît au calme et son vaste silence n'est plus troublé qu'à de rares intervalles par la voix des promeneurs qu'attire en ces lieux le charme poétique de ce petit coin de forêt.

La fontaine du TIR A L'OISEAU est captée au sommet d'un ravin qui prend naissance au S. S. E. de la forêt de CHAROLLES. Elle draine une partie des eaux recueillies par le plateau d'alluvions pliocènes qui constituent le sous-sol de cette forêt. Ces eaux sont collectées par le niveau imperméable des calcaires marneux jaunâtre JIII. de la carte géologique.

Une partie de ce bassin se déverse déjà sous forme de ruisseau à ciel ouvert et le reste est capté quelques dizaines de mètres plus bas et sert déjà à l'alimentation de la ville. (Source de MEAUPRÉ). Nous rappelons que l'origine de ces deux sources est commune et que

pour l'une comme pour l'autre nous nous trouvons en présence de résurgences. Le niveau d'émergence doit se trouver plus haut dans ce petit ravin sur les calcaires jaunes et sous le pliocène.

La source est bien captée, les eaux ne troublent pas, même après les plus grandes pluies et le périmètre de protection est excellent, puisque la source est située en pleine forêt.

L'analyse chimique révèle une eau très pure; les chiffres trouvés se rapprochent d'une façon frappante de ceux fournis par l'analyse de l'eau du puits CHAUVOT. Degré hydrotimétrique très faible. Matières organiques, nitrates Azote ammoniacal et albuminoïde en quantité très faible, pas de nitrites, des chlorures dans la même proportion que dans toutes nos analyses. Tous les caractères chimiques de cette eau, permettent de conclure à une eau très pure.

Seule, la proportion de chaux est un peu élevée. Mais, nous l'avons déjà expliqué, ceci tient à la nature du terrain traversé et n'exerce pas d'influence sur la potabilité.

Si de l'analyse chimique on passe à l'analyse bactériologique, on trouve les chiffres de 460, 198 et 305 germes au  $\text{cm}^3$  et de 50, 10 et 30 microbes de contamination d'origine fécale au litre.

Le nombre de germes au  $\text{cm}^3$  n'indique pas une contamination intensive.

Si l'on s'en réfère aux estimations établies par MIQUEL on voit, en effet, qu'il classe comme eau pure une eau renfermant de 100 à 1.000 germes au  $\text{cm}^3$ .

Mais la quantité de microbes de contamination

d'origine fécale doit-elle nous faire rejeter cette eau comme impropre à la consommation. ROCHAIX indique que jusqu'à 100 microbes d'origine fécale au litre, une eau peut être considérée comme potable. Remarquons également que parmi les microbes de contamination d'origine fécale, le *colibacille*, s'il est un hôte normal de l'intestin, est très répandu; DOPTER et SACQUÉPÉE signalent que « *sa présence dans le sol peut être considérée comme constante* ».

Or, dans le cas qui nous occupe, il faut remarquer que la nature du sol ne se prête pas à une filtration parfaite des eaux de surface. Il est donc tout naturel de songer que quelques microbes de contamination d'origine fécale ont pu être entraînés jusqu'à la nappe alimentant la fontaine. Etant donné la nature particulière de l'emplacement de la source, située en plein bois, il n'y a pas lieu de craindre une contamination quelconque. Tout au plus devrait-on songer si cette source était utilisée à l'alimentation de CHAROLLES, à protéger les abords immédiats de la fontaine pendant la fête annuelle du TIR A L'OISEAU; quelques mesures de police y suffiraient amplement.

Si l'on rapproche nos résultats personnels de ceux fournis par l'analyse faite en juin 1909 par le *Laboratoire du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France*, on voit que les résultats de l'analyse chimique sont en tous points comparables, avec des variations très faibles. L'analyse bactériologique n'indique en 1909 que 78 germes au  $\text{cm}^3$ , mais signale déjà toutefois la présence du colibacille sans en fixer le nombre. Comment expliquer une telle différence.

Peut-être le prélèvement de 1909 a-t-il été fait après une période de sécheresse. Peut-être aussi plus simplement un nettoyage de la fontaine abaisserait-il les chiffres de l'analyse bactériologique dans une notable proportion.

En tout cas, nous nous trouvons en présence d'une source donnant une eau de bonne qualité pouvant être utilisée pour l'alimentation de CHAROLLES et que sa situation particulièrement à l'abri de toute contamination, devrait indiquer en tout premier lieu au cas où la ville de CHAROLLES chercherait à accroître ses disponibilités en eau potable.

Le faible débit de la source (30 m<sup>3</sup> par 24 heures) peut seul faire hésiter. Car l'apport d'eau serait bien faible eu égard aux travaux coûteux à entreprendre.

#### SOURCE DE MEAUPRÉ.

La source de MEAUPRÉ alimente CHAROLLES en eau potable. Sa captation remonte à 1883. Elle prend naissance en aval de la source du « TIR A L'OISEAU » dans le même petit ravin que celle-ci. Elle émerge au milieu des prés à quelques dizaines de mètres en dessous de la lisière de la forêt de Charolles. Son point d'émergence, si l'on se reporte à la carte géologique de France, se trouve sur les calcaires à entroques. Mais en étudiant précédemment la fontaine du TIR A L'OISEAU, nous avons émis l'opinion que nous nous trouvions en présence de résurgences, dont l'origine commune devrait être recherchée plus en amont sous

le pliocène. Le grave inconvénient de cette source est en effet de troubler après les pluies importantes, ou très violentes. L'eau louchit, elle est alors d'un aspect répugnant, de couleur franchement jaunâtre. Et ceci est bien la meilleure preuve que nous nous trouvons en présence d'une résurgence. Il faut cependant une précipitation très importante pour assister à ce phénomène qui ne s'est pas produit une seule fois depuis l'hiver 1927-28.

La protection de la source, sans être aussi bien assurée que pour la fontaine du TIR A L'OISEAU, est pourtant assez efficace. Les prés qui se trouvent en amont de la source, entre la source et la forêt, peuvent néanmoins être sujets à souillure, surtout au moment de la fumure; enfin, à l'Est de la source, et plus élevée qu'elle, se trouve une ferme. Des mesures devraient être prises pour empêcher l'épandage du fumier sur les prés en amont de la source. Les emplacements du fumier, et des fosses d'aisances de la ferme de MEAUPRÉ devraient être fixés de façon que la pente du terrain emmène bien en aval de la source les eaux de ruissellement; on devrait pour la même raison veiller à ce que le sol des écuries soit aussi étanche que possible.

Tous ces points particuliers devraient être fixés d'une façon très nette et un arrêté serait nécessaire qui délimiterait nettement le périmètre de protection de la source. Tous points très importants chaque fois qu'il s'agit d'une source destinée à l'alimentation d'une agglomération quelconque, mais qui ici prennent encore plus d'importance du fait que la source

est troublée par l'apport des eaux de surface après les pluies violentes. Malheureusement la ville de CHAROLLES ne rentre pas dans la catégorie dont ait daigné s'occuper le législateur. Les villes de 5000 habitants et plus ont seules retenu son attention. La circulaire du 12 juillet 1924 prescrit seulement de vérifier tous les ans dans quelles conditions s'effectue la captation. Il semble que des mesures plus efficaces pourraient facilement être prises. Chaque cas particulier devrait être examiné spécialement par les *commissions sanitaires d'arrondissement* et les *conseils d'hygiène départementaux*, pour édicter les mesures nécessaires à établir une protection efficace des eaux d'alimentation, au besoin en instituer la surveillance bactériologique dans les cas douteux, et cela quel que soit le nombre des habitants desservis. En général de très simples mesures, à conditions d'être strictement observées, suffiraient pour assurer une protection efficace.

L'analyse chimique permet de conclure à une eau pure. Le degré hydrotimétrique est très faible. Les chlorures et nitrates, les matières organiques ainsi que l'azote ammoniacal et albuminoïde donnent des chiffres très faibles. Il n'y a pas de nitrites. Seul le chiffre fourni pour la chaux est élevé (244 mmgr. 3 par litre). Aussi l'eau incruste-t-elle les chaudières, ce qui est un inconvénient mais ne nuit pas à la potabilité.

Pour l'analyse bactériologique faite au printemps, en période de pluie, on trouve 50 microbes de contamination d'origine fécale au litre et 300 germes au

cm<sup>3</sup>. Tout en restant en dessous de la limite fixée par ROCHAIX le nombre des microbes de contamination d'origine fécale est assez élevé. Par contre, les deux analyses effectuées en 1929 au milieu de l'été particulièrement sec, et à l'automne 1929 après une période de pluies, peu abondantes il est vrai, montrent l'absence totale des microbes de contamination d'origine fécale. Nous ne pouvons que répéter ici ce que nous avons déjà dit à propos de la FONTAINE DU TIR A L'OISEAU. A savoir, que la mauvaise qualité filtrante du sol peut excuser la présence de quelques microbes de contamination d'origine fécale dans l'eau; mais, raison de plus pour exagérer les précautions et empêcher toute contamination possible du sol dans un périmètre assez vaste pour bien protéger la source.

Lorsqu'on rapproche l'une de l'autre les analyses de la FONTAINE DU TIR A L'OISEAU et de la source de MEAUPRÉ on est frappé par la similitude des résultats, surtout en ce qui concerne l'analyse chimique.

A part la chaux, la silice et les nitrates les résultats sont absolument concordants et même, pour les chlorures et les matières organiques, les chiffres trouvés dans les deux cas, sont-ils exactement les mêmes.

Ceci confirme bien l'opinion déjà émise d'une origine commune aux deux sources. Les raisons invoquées jusqu'à présent étaient d'ordre purement géologique, l'analyse chimique vient les confirmer d'une façon très nette.

### PUITS DE MEAUPRÉ.

Lorsqu'on quitte la source de MEAUPRÉ et qu'on remonte la pente Est du petit ravin, on trouve à quelques mètres au-dessus et un peu en aval une ferme installée dans les restes de l'ancienne châtelainie de MEAUPRÉ, qui a donné son nom à la source sise en contrebas. L'alimentation en eau potable est assurée par un puits creusé dans la cour de la ferme. Là encore nous nous trouvons sur le calcaire à entroques du bajocien. Nous avons donc affaire à une eau de même origine que celles étudiées précédemment.

Le puits profond d'environ 10 mètres est creusé dans la partie la plus basse de la cour. Lorsqu'on s'adosse à la margelle, on a devant soi, à droite, le bâtiment d'habitation, à gauche une pente douce monte aux écuries, entre les deux corps de bâtiments, la cour s'élève en pente assez rapide. Enfin un peu en contrebas, mais tout à côté du puits, un tas de fumier important. De sorte qu'en cas de pluie les eaux dévalent au long de la pente, et convergent vers le puits après avoir arrosé toute la cour et le seuil des écuries.

Aussi le résultat est-il très net, et l'analyse chimique comme l'analyse bactériologique, traduisent-elles la défectuosité d'un tel état de choses.

Les degrés hydrotimétriques, total et permanent, sont beaucoup plus élevés que pour les sources que nous venons d'étudier. De même les chlorures, l'azote ammoniacal et albuminoïde, donnent des chiffres se

rapprochant très sensiblement de ceux trouvés pour les deux sources précédentes, si on ne trouve pas de nitrites, par contre le chiffre des nitrates a augmenté dans d'énormes proportions. Nous trouvons 67,60, et 61 mmgr. alors que le chiffre maximum toléré par le *Conseil Supérieur d'hygiène de France*, n'est que 15 mmgr. Pour la chaux et la silice, les chiffres sont également plus élevés et naturellement, le poids du résidu total augmente et passe à 545 mmgr., 585 et même 730 dépassant le terme fixé aux eaux potables et qui est de 500 mmgr.

En résumé, cette analyse met donc surtout en relief une augmentation anormale de nitrates. Il semble qu'on se trouve en présence d'une eau appartenant à la même nappe que celles étudiées précédemment, mais influencée par une contamination. Le sol a pu remplir en partie son rôle filtrant en transformant un apport de matières organiques en un excès de nitrates par suite de l'action des microbes nitrifiants, mais combien précaire et insuffisante est une telle action, c'est ce que nous démontrera l'analyse bactériologique.

L'analyse bactériologique révèle la présence de 3.000, 5.000 et 2.000 microbes de contamination d'origine fécale au litre, et de 2.685, 1.727 et 1.875 bactéries au cm<sup>3</sup>. Qu'intervienne une cause nouvelle de contamination, comme, par exemple, la présence d'un typhique, et le puits infecté deviendra l'agent de distribution de la maladie à tous les usagers.

Ainsi donc, voici une eau qui, par son origine géographique et géologique, appartient au même groupe

que les trois eaux étudiées précédemment et déclarées bonnes, mais qui, par suite d'une protection inexistante, est devenue franchement impropre à la consommation.

Cet exemple doit éveiller l'attention sur ce qui pourrait un jour se produire, si on laissait la source de Meaupré sans un périmètre de protection bien défini. La protection efficace de ces eaux, peut être facilement obtenue, à condition d'édicter les quelques mesures qui s'imposent.

#### FONTAINE DE MALESSART.

Les quatre points d'eau que nous venons d'étudier, sont situés au Nord de CHAROLLES et à une altitude de 290 m. à 300 m. LA FONTAINE DE MALESSART, se trouve séparée des points précédents par la vallée de l'ARCONCE, et son altitude est de 320 m. environ.

L'Hôpital de CHAROLLES s'alimentait depuis sa construction à cette source. C'est pourquoi la municipalité songea à l'utiliser pour fournir d'eau tout le quartier de la MADELEINE. C'est en 1886 seulement, un procès l'ayant retardé, que ce projet fut réalisé. Mais le faible débit de la source faisait que, souvent au cours de l'été, l'un ou l'autre du quartier ou de l'Hôpital, était souvent privé d'eau. Aussi pour remédier à cet état de choses, la municipalité, décida-t-elle enfin en 1926 de capter une petite source voisine, dont l'analyse que nous donnons au tableau III avait révélé la potabilité.

Nos analyses ont donc porté sur le mélange de ces deux sources, tel qu'il est réalisé dans les conduites du quartier de la MADELEINE.

Nous n'avons pu comparer cette source à aucun puits voisin, aucune habitation ne se trouvant dans un périmètre assez rapproché de la source. Une autre source se trouvait bien au voisinage non immédiat de la FONTAINE DE MALESSART, lieu dit : « BIRÉ » mais l'analyse qui en a été faite en 1913 au moment où la municipalité songeait à son captage a démontré qu'elle était souillée par des eaux de surface.

Malgré que la situation géographique l'éloigne du groupe d'eaux étudiées précédemment, la FONTAINE DE MALESSART appartient cependant à une nappe similaire, puisque c'est encore dans les calcaires à entroques du bajocien, qu'elle prend naissance. Elle jaillit au milieu des prés, presque au sommet d'un plateau qui domine la ville de CHAROLLES. Aucune habitation à l'entour. Rien en amont qui puisse provoquer la contamination, rien que les prés où paissent tranquillement quelques bêtes à robe blanche. Le périmètre de protection de ces sources peut donc être facilement étendu aussi loin que le géologue, le jugera nécessaire, avec l'interdiction formelle de l'épandage du fumier à l'intérieur du dit périmètre.

Dans l'état actuel des choses, la source semble bien à l'abri de toute contamination. L'analyse chimique donne pour tous les éléments des chiffres très faibles (pour les chlorures c'est le même chiffre, le plus faible que nous ayons trouvé); un seul manque à la règle, c'est le résultat du dosage des nitrates. Nous

trouvons, en effet 50 mmgr., ce qui est un chiffre énorme. Cela indique une nitrification intense qui, si elle se trouvait troublée à un moment, pourrait provoquer l'afflux de nitrites ou matières organiques. Etant donnée la situation de la source à l'abri de contamination directe, étant donné le faible taux des chlorures et de l'Azote albuminoïde et ammoniacal ainsi que des matières organiques, étant donnés aussi les bons résultats fournis par l'analyse bactériologique, nous concluons cependant à une eau potable.

Mais cette présence en quantité anormale de nitrates, doit donner l'éveil. La municipalité est propriétaire du terrain sur lequel naît la source, et peut ainsi facilement contrôler le voisinage immédiat.

L'analyse bactériologique donne de très bons résultats. On ne trouve en effet aucun microbe de contamination d'origine fécale et le nombre des bactéries n'est que de 830, 350 et 432 au  $\text{cm}^3$  suivant les saisons.

La fontaine de MALESSART fournit donc à la ville de CHAROLLES une eau potable, qui lui permet d'assurer la distribution d'eau avec abondance dans tout l'Hôpital, point extrêmement important pour la bonne tenue d'un établissement sanitaire. Il est malheureusement à regretter que le débit de la source soit aussi faible malgré les améliorations apportées en 1926, l'eau manque souvent en période sèche.



## CHAPITRE VII.

### CONCLUSIONS

Le sous-sol charolais est très riche en eau. C'est du reste à cette particularité qu'est due sa fertilité. Il faut, en effet, des étés d'une sécheresse exceptionnelle pour que les prés s'en ressentent et que l'herbe y jaunisse. Mais, si les eaux y sont abondantes, toutes ne sont pas également propres à la consommation. On devra toujours se souvenir lorsqu'on voudra utiliser un point d'eau pour l'alimentation, que l'on se trouve sur un terrain calcaire où les failles sont nombreuses et souvent insoupçonnées. En conséquence, on se devra de préserver la source ou le puits en question par un périmètre de protection nettement délimité plus ou moins étendu suivant chaque cas particulier.

Nous avons vu que l'on pouvait avoir dans la région d'excellents puits donnant de très bonne eau à condition de respecter les lois élémentaires de l'hygiène. Nous avons vu également le danger qu'il y avait à négliger ces principes. L'alimentation en eau

à la campagne est presque uniquement assurée par des puits et l'on ne peut songer à faire autrement pour les fermes isolées. Malheureusement l'emplacement du puits n'est déterminé qu'à la suite de discussions où les lois d'hygiène n'entrent que pour une faible part, même quand on y a songé. Et pourtant, qu'il serait souvent facile de mettre le puits à l'abri des plus directes et grossières contaminations. Sur-tout aujourd'hui que l'électricité est répandue à la campagne et que le commerce met en vente divers modèles de pompes permettant d'amener l'eau jusque sur l'évier. Combien de maladies pourraient être épargnées, si l'on prenait soin d'avoir une eau saine; les entérites, les fièvres dites muqueuses sans parler des fièvres typhoïdes et para-typhoïdes sont en général provoquées ou tout au moins aggravées par une eau de mauvaise qualité.

Pour la ville de CHAROLLES proprement dite, l'alimentation en eau potable est depuis 1883 assurée par deux sources captées aux abords immédiats de la ville.

Avant l'exécution des travaux de captage, les habitants devaient avoir recours à l'eau des puits disséminés dans les divers quartiers. L'analyse du puits AUCLAIR, que nous avons étudié, prouve surabondamment qu'on ne peut pas compter d'une façon certaine sur la stabilité d'eaux de pareilles provenances. La nature géologique du sol, la disposition de la ville construite en étages, tout concourt à donner un tel résultat. L'alimentation d'une ville en eau par puits creusés sur place, doit être rejetée, à moins qu'il n'y

ait impossibilité absolue d'agir autrement. La densité, si faible soit-elle, d'une agglomération ne permet pas en effet d'assurer la non contamination des puits. En tous cas lorsqu'on sera forcé de recourir à ce procédé devra-t-on surveiller les eaux. La numération des microbes de contamination d'origine fécale répétée à intervalles réguliers, permettrait de s'apercevoir de toute fluctuation dans la potabilité.

Il ne nous a pas été possible de nous procurer une statistique quelconque pouvant nous renseigner sur l'état sanitaire de CHAROLLES avant 1883. Du rapport de M. ROTIVAL, en 1881, il semble résulter que l'état sanitaire était satisfaisant.

Une réflexion cependant s'impose. En admettant qu'une telle statistique nous montre un état sanitaire satisfaisant, il ne faudrait pas en inférer qu'une telle situation aurait pu se prolonger jusqu'à nos jours. Les conditions de la vie ont en effet singulièrement changé depuis 1883 et l'apparition de l'automobile a bouleversé les habitudes tranquilles de nos ancêtres. Les déplacements sont actuellement fréquents. Un voyageur peut avoir contracté une typhoïde qui ne se déclarera qu'après son retour. De même, des convalescents peuvent être des porteurs chroniques de bacilles typhiques. Si la fosse d'aisance a la moindre fissure, si le puits en est situé trop près, voilà tout un quartier infecté.

On voit l'importance du problème social résolu par la municipalité charolaise, lorsqu'en 1880 elle décida d'entreprendre les travaux nécessaires à l'adduction et la distribution d'eau potable.

Complétée en 1886 par celle de la FONTAINE DE MALESSART, la captation de la source de MEAUPRÉ a

permis de doter la ville d'un service de distribution d'eau, bien compris et bien établi. Nous avons, en étudiant les deux sources, indiqué les quelques inconvénients que nous avons cru devoir relever, et dont le plus grave est, pour la source de MEAUPRÉ, de troubler après les forte pluies. Nous avons vu quelles mesures seraient souhaitables pour mettre le plus possible les sources à l'abri d'une contamination possible. Tel qu'il est le service des eaux à CHAROLLES est assuré d'une façon fort satisfaisante et que pourraient lui envier bien des villes d'importance égale ou même supérieure.

La meilleure preuve de l'excellence du système adopté, est fournie par l'état sanitaire de la ville de CHAROLLES. Depuis 1883, date de la mise en service de la canalisation, on ne peut retrouver trace d'aucune épidémie de typhoïde, ou autre maladie transmise par l'eau. On a bien noté au cours des années, quelques cas de typhoïdes (un cas de 1919 à 1929) mais toujours il a été montré que la maladie avait été apportée de l'extérieur. Enfin, chacun de ces cas est toujours resté isolé et aucun d'eux n'a jamais donné lieu à un foyer de contagion.

Sous ce rapport, on voit donc que l'état sanitaire de CHAROLLES est excellent, et c'est la meilleure preuve que l'eau qui y est distribuée est pure de toute souillure.

Le projet actuellement en discussion, qui permettra d'alimenter la partie haute de la ville du quartier du CALVAIRE, viendra compléter cet ensemble et permet-

tra d'assurer à toute l'agglomération charolaise une distribution d'eau potable, répondant parfaitement aux desiderata de l'hygiène moderne.

*Le Président de la Thèse,*

Ph. BRETIN.

Vu :

*Le Doyen,*

Jean LÉPINE.

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 11 Mars 1930

*Le Recteur, Président du Conseil de l'Université,*

Joseph GHEUSI.



## TABLE DES MATIERES

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                     | 7  |
| INTRODUCTION .....                                     | 9  |
| HISTORIQUE.                                            |    |
| Captation, canalisation et distribution de l'eau ..... | 13 |
| Constitution géologique du sol charolais .....         | 21 |
| Analyses du sol .....                                  | 25 |
| Méthodes analytiques.                                  |    |
| <i>Analyse chimique</i> .....                          | 27 |
| <i>Analyse bactériologique</i> .....                   | 39 |
| Analyses antérieures .....                             | 47 |
| Recherches personnelles .....                          | 51 |
| <i>Puits Auclair</i> .....                             | 52 |
| <i>Puits Chauvot</i> .....                             | 54 |
| <i>Tir à l'Oiseau</i> .....                            | 56 |
| <i>Source Meaupré</i> .....                            | 58 |
| <i>Puits Meaupré</i> .....                             | 60 |
| <i>Fontaine Malessart</i> .....                        | 62 |
| Discussion des Résultats .....                         | 65 |
| CONCLUSIONS .....                                      | 85 |





